



Aalborg Universitet

AALBORG UNIVERSITY  
DENMARK

## Person- og forbrugsprofiler

### *bygningintegreret energiforsyning*

Jensen, Rasmus Lund; Nørgaard, Jesper; Daniels, Ole; Justesen, Rasmus Onsild

*Publication date:*  
2011

*Document Version*  
Også kaldet Forlagets PDF

[Link to publication from Aalborg University](#)

#### *Citation for published version (APA):*

Jensen, R. L., Nørgaard, J., Daniels, O., & Justesen, R. O. (2011). *Person- og forbrugsprofiler: bygningintegreret energiforsyning*. Department of Civil Engineering, Aalborg University. DCE Technical reports Nr. 69

#### **General rights**

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

#### **Take down policy**

If you believe that this document breaches copyright please contact us at [vbn@aub.aau.dk](mailto:vbn@aub.aau.dk) providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

# **Person- og forbrugsprofiler**

## **Bygningsintegreret energiforsyning**

**Rasmus L. Jensen  
Jesper Nørgaard  
Ole Daniels  
Rasmus O. Justesen**



Aalborg Universitet  
Institut for Byggeri og Anlæg  
Indeklima og Energi

**DCE Technical Report No. 69**

# **Person- og forbrugsprofiler**

## **Bygningsintegreret energiforsyning**

af

Rasmus L. Jensen  
Jesper Nørgaard  
Ole Daniels  
Rasmus O. Justesen

August 2011

© Aalborg Universitet

## Videnskabelige publikationer ved Institut for Byggeri og Anlæg

**Technical Reports** anvendes til endelig afrapportering af forskningsresultater og videnskabeligt arbejde udført ved Institut for Byggeri og Anlæg på Aalborg Universitet. Serien giver mulighed for at fremlægge teori, forsøgsbeskrivelser og resultater i fuldstændig og uforkortet form, hvilket ofte ikke tillades i videnskabelige tidsskrifter.

**Technical Memoranda** udarbejdes til præliminær udgivelse af videnskabeligt arbejde udført af ansatte ved Institut for Byggeri og Anlæg, hvor det skønnes passende. Dokumenter af denne type kan være ufuldstændige, midlertidige versioner eller dele af et større arbejde. Dette skal holdes in mente, når publikationer i serien refereres.

**Contract Reports** benyttes til afrapportering af rekvireret videnskabeligt arbejde. Denne type publikationer rummer fortroligt materiale, som kun vil være tilgængeligt for rekvirenten og Institut for Byggeri og Anlæg. Derfor vil Contract Reports sædvanligvis ikke blive udgivet offentligt.

**Lecture Notes** indeholder undervisningsmateriale udarbejdet af undervisere ansat ved Institut for Byggeri og Anlæg. Dette kan være kursusnoter, lærebøger, opgavekompendier, forsøgsmanualer eller vejledninger til computerprogrammer udviklet ved Institut for Byggeri og Anlæg.

**Theses** er monografier eller artikelsamlinger publiceret til afrapportering af videnskabeligt arbejde udført ved Institut for Byggeri og Anlæg som led i opnåelsen af en ph.d.- eller doktorgrad. Afhandlingerne er offentligt tilgængelige efter succesfuldt forsvar af den akademiske grad.

**Latest News** rummer nyheder om det videnskabelige arbejde udført ved Institut for Byggeri og Anlæg med henblik på at skabe dialog, information og kontakt om igangværende forskning. Dette inkluderer status af forskningsprojekter, udvikling i laboratorier, information om samarbejde og nyeste forskningsresultater.

Udgivet 2011 af  
Aalborg Universitet  
Institut for Byggeri og Anlæg  
Sohngårdsholmsvej 57,  
DK-9000 Aalborg, Danmark

Trykt i Aalborg på Aalborg Universitet

ISSN 1901-726X  
DCE Technical Report No. 69

# Forord

Bygninger har hidtil været betragtet som rene aftagere (konsumenter) af energi. Nye krav til bygningers energieffektivitet, forbedret VE-teknologi og højere energipriser betyder imidlertid, at bygninger i stigende omfang vil optræde som både konsumenter og producenter (prosumenter). Nye og gamle bygninger vil blive udrustet med solfangere, solceller, varmepumper og brændselsceller. Dertil kommer anlæg til genbrug af varme ved ventilation og anvendelse af varmt vand. I et bygningsperspektiv består opgaven i at vælge den rette forsyningsløsning ud fra ydelse, robusthed, økonomi og miljøhensyn. I et overordnet energiforsynings-perspektiv består opgaven i at integrere de nye aftagere og producenter af energi i energiforsyningssystemet på en måde, der både tjener den enkelte bygning og det overordnede energiforsyningssystem. I begge tilfælde er der behov for forskningsbaseret analyse. En sådan vil kunne sikre, at de store investeringer, der fremover skal foretages i nye og gamle bygninger, og som inddrager bygningsintegreret energiforsyning, anvendes optimalt.

Projektet tager hånd om denne problemstilling, hvor både lille og stor skala analyseres. Der er opsat tre hovedområder som projektet dækker over.

## Projektets formål

1. At vurdere potentielle løsninger med hensyn til ydelse, miljø og økonomi
2. At vurdere de samme løsningers robusthed med hensyn til forsyningsikkerhed, reduktion af spidsbelastninger og interaktion med forsyningsnettet
3. At vurdere, om løsningerne kan bidrage til overholdelse af energirammen for bygninger nu og i fremtiden.

Fire samarbejdspartnere deltager i projektet, Statens Byggeforskningsinstitut, Aalborg Universitet, Teknologisk Institut og Risø DTU. Projektleder er Ole Michael Jensen, afdeling for Energi og Miljø ved Statens Byggeforskningsinstitut.

Projektet består af tre større dele. Den første del er en state-of-the-art undersøgelse af vedvarende energiproduktion: "Teknologier for bygningsintegreret energiforsyning" (Katic, 2007). Den anden del fokuserer på at bestemme det samlede års energiforbrug og CO<sub>2</sub> udslip fra boliger med udgangspunkt i typiske parcelhuse fra 60'erne, 70'erne og 80'erne. Disse huse renoveres og udstyres med vedvarende energiproduktion og det resulterende energiforbrug, CO<sub>2</sub> udslip og omkostninger til bedringer bestemmes. I alt fire rapporter beskriver denne del af projektet: Person- og forbrugsprofiler (Jensen et al., 2011a), Beskrivelse af casehuse (Jensen et al., 2011b), Beregningsgang (Jensen et al., 2011c) og Resultater (Jensen et al., 2011d).

Til sidst er bygningsintegreret energiforsyning blevet vurderet på national plan. En opskalering af de tidligere fundne resultater benyttes til en undersøgelse af, hvilken energitype som er fordelagtig i hvilke dele af landet og forsyningsikkerheden betragtes. Rapporten: Assessment of Building Integrated Energy Supply and Energy Saving Schemes on a National Level in Denmark (Münster et al., 2011).

Projektet er udbudt af EFP 2007, projekt 033033-0056.

Denne rapport er 30. april 2012 udvidet med en mere detaljeret beskrivelse af hvordan personprofilerne er udarbejdet, samt tilføjet udtryk til estimering af elforbrug og koldtvandsforbrug afhængig af bygningens størrelse og antallet af personer i husstanden. Endelig er der foretaget diverse mindre rettelser.

# Indholdsfortegnelse

<b>1</b>	<b>INDLEDNING .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>PERSONPROFILBELASTNING .....</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>FUGTAFGIVELSE .....</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>ELFORBRUG .....</b>	<b>7</b>
<b>5</b>	<b>VANDFORBRUG .....</b>	<b>9</b>
5.1	KOLDTVANDSFORBRUG .....	9
5.2	VARMTVANDSFORBRUG .....	9
5.3	VARMETAB FRA VARMT BRUGSVANDSINSTALLATION .....	10
<b>6</b>	<b>RELATIVE BRUGERPROFILER FOR ELFORBRUG .....</b>	<b>12</b>
6.1	DATA .....	12
6.2	SÆSONFORDELING .....	12
6.3	UNDERSØGELSE AF UGEDAGE .....	17
6.4	RELATIVE PROFILER .....	18
6.5	MIDLET ENDELIGE RELATIVE FORBRUGSPROFILER .....	19
6.6	BRUGERPROFILER .....	21
<b>7</b>	<b>RELATIVE BRUGERPROFILER FOR KOLDT BRUGSVAND .....</b>	<b>23</b>
<b>8</b>	<b>RELATIVE BRUGERPROFILER FOR VARMT BRUGSVAND .....</b>	<b>25</b>
8.1	DATA .....	25
8.2	SÆSONFORDELING .....	25
8.3	UNDERSØGELSE AF UGEDAGE .....	27
8.3.1	<i>Sammenligning af 2 huses profiler .....</i>	<i>27</i>
8.4	MIDLET ENDELIGE RELATIVE FORBRUGSPROFILER .....	29
8.5	BRUGERPROFILER .....	30
<b>9</b>	<b>LITTERATURLISTE .....</b>	<b>32</b>



# 1 Indledning

I denne rapport er det beskrevet, hvordan person- og forbrugsprofilerne benyttet i dette projekt er udviklet og hvilke data der ligger til grund for disse profiler. De stigende krav til energi i byggesektoren medfører den udvikling at det primære energiforbrug ender tæt på eller under nul inden for en årrække, hvorfor forbruget i bygninger relativt får tilegnet en større og større del af det samlede energibehov i boliger.

Det er vigtigt at undersøge om der forefindes sæsonfordelinger i el- og vandforbruget, da det i givet fald kan give et mere nøjagtigt resultat og afspejle virkeligheden bedre end ved brug af årsmiddelværdien. Data til undersøgelserne er indhentet fra SBI, dansk statistik mfl. Først bliver personbelastning fastlagt, hvorefter fugtafgivelse og forbruget for både el og varmt brugsvand defineret. Dernæst bliver timeprofilerne udviklet på baggrund af undersøgelser om sæsonfordelinger mm. Her medtages profiler for koldt brugsvand for at se om der er en sammenhæng mellem dette og varmt brugsvand.

## 2 Personprofilbelastning

Formålet med at finde personprofilbelastningen er, at kunne udvikle et profil som er repræsentativt for en stor del af befolkningen. Da alles opholdstid i hjemmet ikke kan simuleres, benyttes et middel profil. Antallet af timer er vigtig fordi det har indflydelse på forbruget i hjemmet.

Belastningen fra personerne er fundet ud fra undersøgelser om danskernes opholdstid i hjemmet. En undersøgelse foretaget blandt 3.543 personer i alderen 16-74 viste, at personerne i gennemsnit opholder sig i hjemmet i 16,3 timer på et hverdagsdøgn (Keiding et al., 2003). En ældre undersøgelse beskriver, at den gennemsnitlige opholdstid i boligen var 16,33 timer (Schmidt et al., 1989). I en anden mindre undersøgelse i forbindelse med et studie af brugertilfredshed i lavenergihuse, har man via spørgeskema spurgt brugerne i 40 boliger, hvor mange timer der opholder sig minimum en person i boligen på en normal dag. Resultatet var, at der på hverdage i gennemsnit var personer i boligen 16,4 timer om dagen med et interval på 4-24 timer, og i weekenden et gennemsnit på 19,9 timer og et interval på 7-24 timer (Knudsen og Kristensen, 2010).

En anden undersøgelse med udgangspunktet i den naturlige udluftning i boligen har undersøgt i hvor store perioder der normalt ikke opholder sig personer i boligen. Ud fra 1.403 besvarelser omkring husstandens brug af boligen og indeklimaet har man fundet frem til at boligerne i gennemsnit var tomme ca. 5,4 timer pr. døgn (Bergsøe, 1994).

Antallet af personer i boliger er vurderet ud fra: Vurdering af potentialet for varmebesparelser i eksisterende boliger (Wittchen, 2004) som har følgende tal fra Danmarks statistik fra 2003.

	1 pers.	2 pers.	3 pers.	4 pers.	5 pers.	6 pers.	7 pers.	8+ pers.	Gns.
Parcelhuse	177.802	400.237	158.875	189.545	61.406	12.480	2.742	1.774	2,62

**Tabel 1:** Parcelhuse i 2003 med antal af beboere og et vægtet gennemsnit.

Baseret på disse tal er det valgt, at udarbejde profiler for henholdsvis 2 og 5 personer. 81 % af antallet af parcelhuse har mellem 2-5 personer boende. Personprofiler for henholdsvis 2 personer (Tabel 2) og 5 personer (Tabel 5), ses på de følgende sider. Profilerne er lavet med udgangspunkt i at boligen i gennemsnit er uden beboere i 5,4 timer pr. dag samt at der i gennemsnit over ugen er 16,33 timers ophold pr. person pr. dag.

På baggrund af undersøgelsernes inddeling er personprofilerne evalueret efter hvor meget boligen er *benyttet* og *ubenyttet* samt antallet af *persontimer*. For at kunne sammenligne, er der herefter taget middelværdier for henholdsvis hverdage, weekend og hele ugen. *Benyttet* (mandag – søndag) beskriver antallet af timer, hvor der er personer.

Middelværdien heraf (Tabel 3 og Tabel 6) viser det gennemsnitlige antal timer pr. døgn, hvor der er personer tilstede. *Ubenyttet* er det modsatte af benyttet. *Persontimer* (mandag – søndag) er summen af antallet af personer · timer, de er tilstede. *Middelværdien* heraf er summen af persontimer for de pågældende dage delt med antallet af dage og delt med antallet af personer. Middelværdien for ugens persontimer kan f.eks. skrives som:

$$Middel = \frac{\sum_{man - søn}}{7} / \text{antal personer} \quad (1)$$

## 2 personer

Time \ dag	Mandag	Tirsdag	Onsdag	Torsdag	Fredag	Lørdag	Søndag
1	2	2	2	2	2	2	2
2	2	2	2	2	2	2	2
3	2	2	2	2	2	2	2
4	2	2	2	2	2	2	2
5	2	2	2	2	2	2	2
6	2	2	2	2	2	2	2
7	1	1	1	1	1	2	2
8	1	1	1	1	1	2	2
9						1	1
10						1	1
11						1	1
12						1	1
13						1	1
14						1	1
15					1	1	1
16					1	1	1
17	1	1	1	1	2	2	2
18	2	2	2	2	2	2	2
19	2	2	2	2	2	2	2
20	2	2	2	2	2	2	2
21	2	2	2	2	2	2	2
22	2	2	2	2	2	2	2
23	2	2	2	2	2	2	2
24	2	2	2	2	2	2	2
<b>Benyttet</b>	16	16	16	16	18	24	24
<b>Ubenyttet</b>	8	8	8	8	6	0	0
<b>Persontimer</b>	29	29	29	29	32	40	40

**Tabel 2:** Det benyttede ugeprofil for personbelastning for 2 personer i en bolig.

I Tabel 3 er middelværdierne vist for hverdage, weekend og hele ugen for 2 personer. Dette danner grundlag for at kunne sammenligne med de forskellige undersøgelser (krav) samt vurdere afvigelsen fra disse.

Middel	Hverdag	Weekend	Uge		Krav	Afgivelse
<b>Benyttet</b>	16,4	24,0	18,6	1)	16,3	1,5
<b>Ubenyttet</b>	7,6	0,0	5,4 <sup>2)</sup>	2)	5,4	0,0
<b>Persontimer</b>	14,8 <sup>1)</sup>	20,0 <sup>4)</sup>	16,3 <sup>3)</sup>	3)	16,33	0,0
				4)	19,9	-0,1

**Tabel 3:** Middelværdier samt krav og afvigelse for hverdage, weekend og hele ugen for 2 personer i en bolig.

Undersøgelsen af Keiding et al. står listet som højeste prioritet af kravene, fordi det er valgt at anbefale denne kildes resultater som det primære at sigte imod ved udarbejdelse af personprofiler. Dette skyldes dels, at undersøgelsen er nyere og dels, at undersøgelsen omfatter flere adspurgte. I Tabel 4 er den anbefalede metodik vist i prioriteret rækkefølge. Tabellen indeholder forfatterne, det undersøgte kriterie (personer tilstede eller tom bolig), perioden resultatet omfatter, resultatet angivet som henholdsvis minimum, gennemsnitlig og maksimum antal timer, antal adspurgte samt årstallet for undersøgelsen.

Kilde	Kriterie	Periode	Min [h]	Gns [h]	Maks [h]	Antal	År
1 Keiding et al.	Tilstede	Hverdag	12 <sup>1)</sup>	16,3	20 <sup>2)</sup>	3543 pers	2003
2 Bergsøe	Tom bolig	Uge	-	5,4	-	1403 pers	1994
3 Schmidt et al.	Tilstede	Uge	-	16,33	-	-	1989
4 Knudsen og Kristensen	Tilstede	Hverdag	4	16,4	24	40 boliger	2010
		Weekend	7	19,9	24	40 boliger	2010

**Tabel 4:** Anbefalet metodik og prioritering af undersøgelser. <sup>1)</sup> 97,6 % angiver ophold mindst 12 timer. <sup>2)</sup> 24,4 % angiver ophold mindst 20 timer.

Det benyttede ugeprofil for en bolig med 5 personer er vist i Tabel 5.

<b>5 personer</b>							
Time \ dag	Mandag	Tirsdag	Onsdag	Torsdag	Fredag	Lørdag	Søndag
1	5	5	5	5	5	5	5
2	5	5	5	5	5	5	5
3	5	5	5	5	5	5	5
4	5	5	5	5	5	5	5
5	5	5	5	5	5	5	5
6	5	5	5	5	5	5	5
7	5	5	5	5	5	5	5
8	5	5	5	5	5	5	5
9						5	5
10						5	5
11						5	5
12						3	3
13						3	3
14						3	3
15					3	3	3
16					3	3	3
17	3	3	3	3	3	3	3
18	3	3	3	3	3	3	3
19	3	3	3	3	3	3	3
20	3	3	3	3	3	3	3
21	5	5	5	5	5	5	5
22	5	5	5	5	5	5	5
23	5	5	5	5	5	5	5
24	5	5	5	5	5	5	5
<b>Benyttet</b>	16	16	16	16	18	24	24
<b>Ubenyttet</b>	8	8	8	8	6	0	0
<b>Persontimer</b>	72	72	72	72	78	102	102

**Tabel 5:** Det benyttede ugeprofil for personbelastning for 5 personer i en bolig.

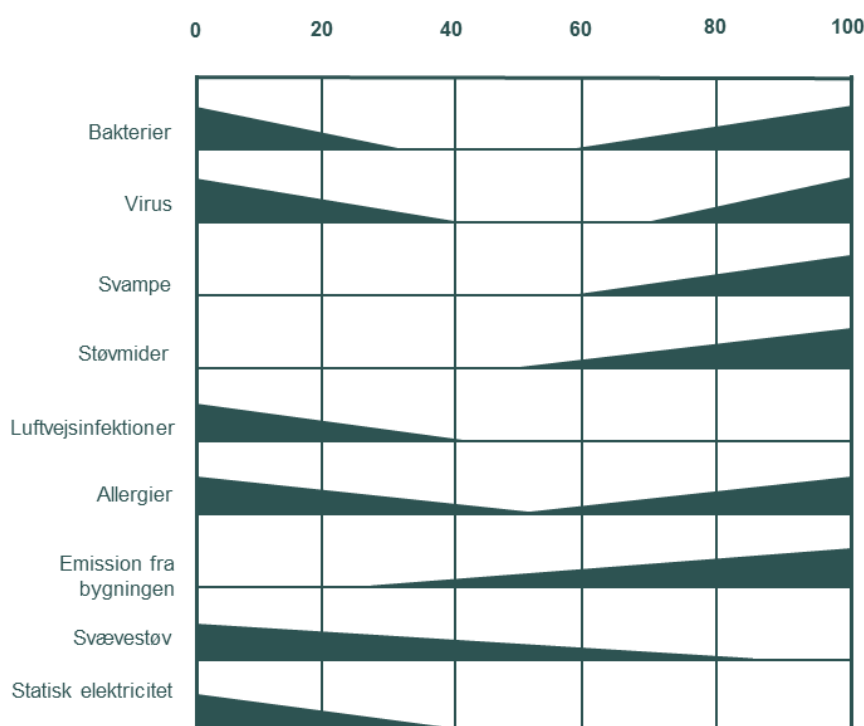
I Tabel 6 er middelværdierne vist for hverdage, weekend og hele ugen for 5 personer. Dette danner grundlag for at kunne sammenligne med de forskellige undersøgelser (krav) samt vurdere afvigelsen fra disse.

Middel	Hverdag	Weekend	Uge		Krav	Afgivelse
Benyttet	16,4	24,0	18,6	1)	16,3	1,7
Ubenyttet	7,6	0,0	5,4 <sup>2)</sup>	2)	5,4	0,0
Persontimer	14,6 <sup>1)</sup>	20,4 <sup>4)</sup>	16,3 <sup>3)</sup>	3)	16,33	0,0
				4)	19,9	-0,5

**Tabel 6:** Middelværdier samt krav og afvigelse for hverdage, weekend og hele ugen for 5 personer i en bolig.

### 3 Fugtafgivelse

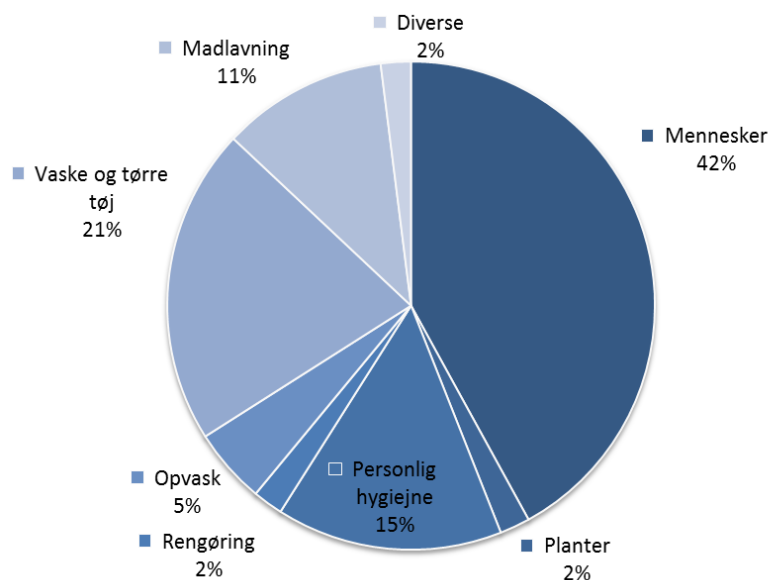
Der er to hovedårsager til, hvorfor den relative luftfugtighed i boliger (og andre bygninger) ikke skal være for høj. Den første grund er at sikre, at skimmelsvamp ikke kan gro. Skimmelsvamp kan forårsage både nedbrydning af konstruktioner og sygdom. Den anden årsag er at holde antallet af husstøvmider under kontrol. For at undgå skimmelsvamp bør den relative luftfugtighed (RF) ikke overstige 70 % RF, undtagen i mindre perioder (Gunnarsen, 2001). Ved RF niveauer under 40-45 % vil husstøvmider tørre ud og dø (Gunnarsen, 2001). Derfor bør den relative luftfugtighed være under denne grænse i en periode – fortrinsvis mere end én måned pr. år. Dette kan kun opnås i vinterhalvåret på grund af de høje fugtigheder i udeluften om sommeren. Hvilken relativ fugtighed der skal til for at undgå diverse uønskede ting i boligen er vist på Figur 1.



**Figur 1:** Ønsker og krav til fugtigheden i boliger (Hanssen et al., 1992).

Der er mange kilder der afgiver fugt i det indendørs miljø. På Figur 2 er tilskuddet fra de forskellige fugtkilder angivet. "Mennesker" udgør mere end 40 % af det totale fugttilskud og er markant den største kilde.

I denne kontekst er fugtafgivelsen fra mennesker bestemt ud fra de definerede personprofiler. I danske boliger er det en rimelig antagelse at størstedelen af fugten fra "madlavning" bliver fjernet af emhætten i køkkenet. Et andet stort tilskud kommer fra "vakse og tørre tøj". Der er mange måder at tørre tøj på; udendørs, indendørs, tørretumbler og en kombination af disse. Derfor vil en del af den afgivne fugt ikke blive tilført boligen.



**Figur 2:** Fugt kilder i boliger (Koch et al., 1987).

Den nøjagtige mængde af fugt genereret af en typisk familie er svær at vurdere. I Tabel 7 er de estimerede tilskud for de forskellige kategorier vist. Tallene i tabellen er baseret på en undersøgelse af fugtafgivelsen fra forskellige aktiviteter.

Genereret fugt / Antal mennesker	1	2	3	4	5	6
Mennesker	0,88	1,75	2,63	3,50	4,38	5,25
Planter	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Personlig hygiejne	0,33	0,65	0,98	1,30	1,63	1,95
Rengøring	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Opvask	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Vaske og tørre tøj	0,40	0,90	1,30	1,80	2,10	2,60
Madlavning	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
Diverse	0	0,10	0,20	0,20	0,40	0,50
Total	3,31	5,10	6,81	8,50	10,21	12,00

**Tabel 7:** Estimeret fugt generering af 1-6 mennesker baseret på (Koch et al., 1987). Enhed for alle tal er kg/døgn.

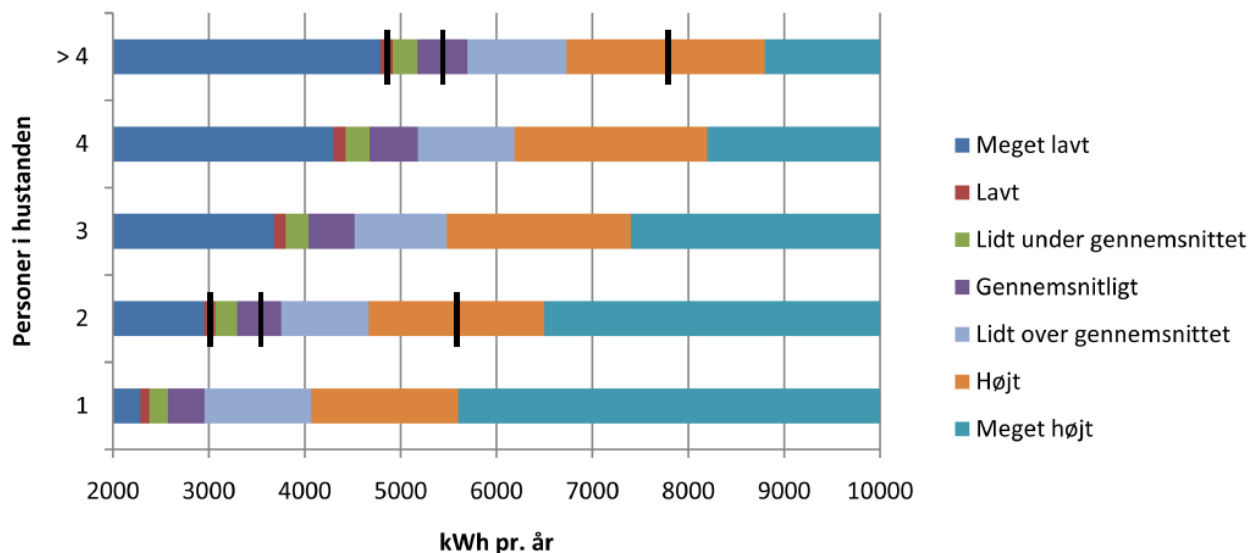
Den totale mængde af produceret fugt afhængig af antallet af personer, passer godt sammen med flere feltmålinger udført i danske bygninger (Bergsøe, 1991 og Bergsøe, 1994), se Tabel 8.

Fugt produktion	Etageboliger mek. udsugn.	Enfamiliehuse mek. udsugn.	Enfamiliehuse naturlig vent.	Enfamiliehuse naturlig vent.
Kilde	(Bergsøe, 1991)	(Bergsøe, 1991)	(Bergsøe, 1991)	(Bergsøe, 1994)
Gennemsnitlig fugttilførsel [kg/døgn]	6,2 ± 0,4	8,2 ± 0,7	7,3 ± 1,0	8,2 ± 0,3
Gennemsnitlig fugttilførsel [kg/døgn pr. pers.]	2,2 ± 0,2	4,5 ± 0,3	3,0 ± 0,5	2,7 ± 0,1

**Tabel 8:** Gennemsnitlig fugttilførsel til tre undersøgte boligtyper.

## 4 Elforbrug

Elforbruget til parcel- eller rækkehuse er naturligt afhængigt af antallet af personer, samt forbrugsmønster. Elforbruget fordelt efter antal personer er beskrevet i Figur 3 herunder (Dong Energy, 2010). Figuren gælder for parcel- og rækkehuse, og er for boliger uden el til opvarmning.



**Figur 3:** Elforbruget i forskellige kategorier for forskelligt antal personer i husstanden (Dong Energy, 2010).

Det er valgt at arbejde med et lavt, gennemsnitligt og højt elforbrug på baggrund af en vurdering, ud fra figuren, om at ikke tage ekstreme værdier med men stadig have en bred variation af forbrug. Tabel 9 beskriver de kombinationer der er anvendt i projektet, samt afvigelsen til hver side fra middel forbruget. Det benyttede forbrug svarer til middelværdien af de enkelte intervaller og er angivet på Figur 3.

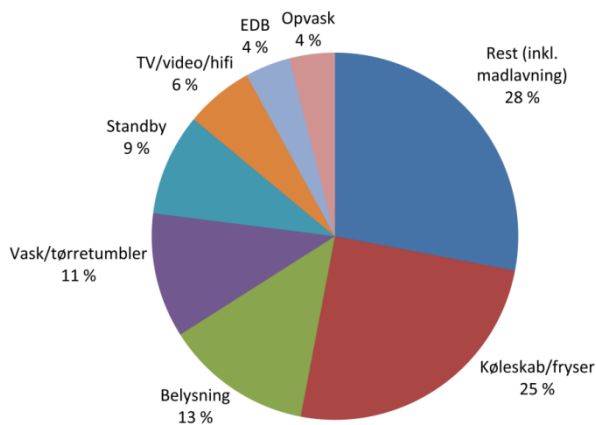
	2 pers	Afvigelse [%]	5 pers	Afvigelse [%]
Lavt [kWh pr. år]	3.008	15	4.855	11
Mellem [kWh pr. år]	3.523	100	5.437	100
Højt [kWh pr. år]	5.584	59	7.765	43

**Tabel 9:** Årligt elforbrug for kombinationer anvendt i projektet.

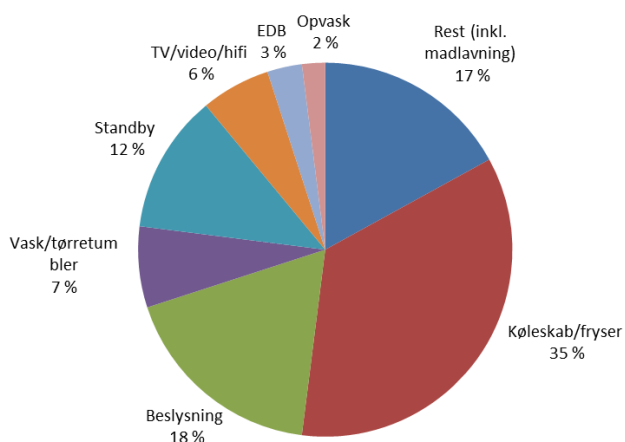
Som det ses er elforbruget for en højtforbrugende topersoners husstand tæt på forbruget for en middelforbrugende fempersoners husstand. Ved at sammenligne resultaterne for disse kan betydningen af afgivet varme fra personer på energiforbruget til opvarmning bestemmes. Fordelingen af elforbruget over året er beskrevet i afsnittet om brugerprofiler.

Fordelingen af elforbrug til forskellige slutanvendelser er beskrevet af Gram-Hanssen (2005) ud fra en undersøgelse af 100 husstande. Den procentvise fordeling er vist i Figur 4.

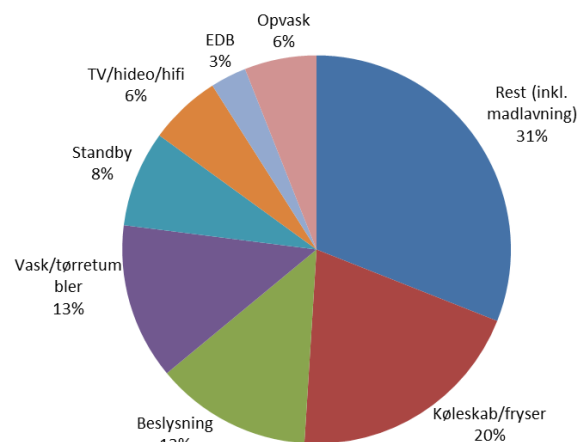
Størrelsen på husstanden har som tidligere beskrevet stor indflydelse på mængden af forbrugt el. Herudover er fordelingen også forskellige ved forskellige størrelser af husstande. Herunder er givet eksempler for fordelingen af elforbrug for henholdsvis en husstand bestående af 1 person og en husstand bestående af 4 personer (Gram-Hanssen, 2005).



**Figur 4:** Procentvis fordeling af elforbrug.



**Figur 5:** Fordeling af elforbrug for 1 person.



**Figur 6:** Fordeling af elforbrug for 4 personer.

Foruden husstandens størrelse har Gram-Hanssen (2005) påvist en sammenhæng mellem boligens størrelse og elforbruget. Følgende to ligninger kan anvendes til at give et estimat over elforbruget.

Parcelhuse:

$$530 \text{ kWh} + \text{boligstørrelse} \cdot 12 \text{ kWh} + \text{personer} \cdot 690 \text{ kWh}$$

Lejligheder:

$$340 \text{ kWh} + \text{boligstørrelse} \cdot 11 \text{ kWh} + \text{personer} \cdot 350 \text{ kWh}$$

Ønskes et estimat over elforbruget uafhængigt af antallet af personer i husstanden (f.eks. i forbindelse med nybyggeri) kan følgende to ligninger anvendes (Gram-Hanssen, 2005).

Parcelhuse:

$$1780 \text{ kWh} + \text{boligstørrelse} \cdot 17 \text{ kWh}$$

Lejligheder:

$$560 \text{ kWh} + \text{boligstørrelse} \cdot 16 \text{ kWh}$$



# 5 Vandforbrug

## 5.1 Koldtvandsforbrug

Ifølge en udgivelse fra Danmarks Statistik var gennemsnittet i perioden 2005 til den danske husholdning, ved antagelse af at 30 % af vandforbruget er varmt vand, 39 l/person pr. døgn (Danmarks Statistik, 2007), hvilket dog var varierende fra år til år og afhængig af geografisk placering. Dette svarer til 91 l/person pr. døgn af koldt brugsvand.

Til estimering af det årlige koldtvandsforbrug i boliger kan følgende to ligninger anvendes (Gram-Hanssen og Petersen, 2005).

Parcelhuse:

$$52 \text{ m}^3 + \text{personer} \cdot 26 \text{ m}^3$$

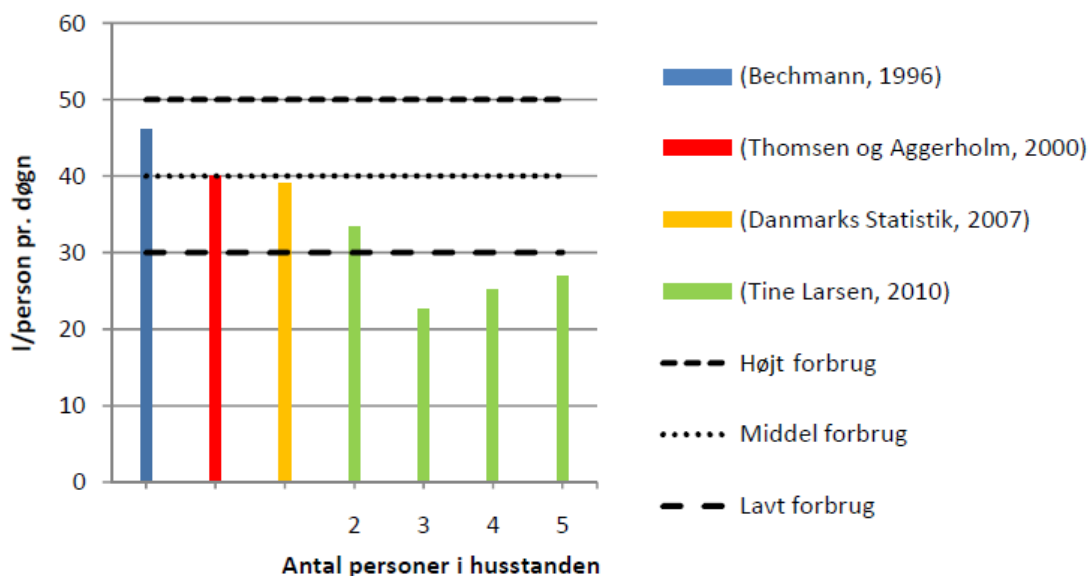
Etageboliger:

$$33 \text{ m}^3 + \text{personer} \cdot 21 \text{ m}^3$$

## 5.2 Varmtvandsforbrug

Det gennemsnitlige varmtvandsforbrug ligger jævnfør SBI rapport 260 (Bechmann, 1996), på 46 l/person pr. døgn. SBI-meddelelse 129 – Beregning af bruttoenergiforbrug (Thomsen og Aggerholm, 2000) beskriver at det anslås at varmtvandsforbruget til husholdning er ca. 40 l/person pr. døgn. Ved undersøgelse af vandforbruget i de fire huse i projektet Energi Parcel (Larsen, 2010a), samt 3 af Komfort Husene (Larsen, 2010b) er varmtvandsforbruget fundet liggende mellem 16-38 l/person pr. døgn og et gennemsnit på 27 l/person pr. døgn. Dette er tydeligt et lavere gennemsnit og kan skyldes at der ved undersøgelsen af de 7 parcelhuse, ikke indeholdt boliger med enlige, som muligvis vil have et højere forbrug, fordi der vil være et fællesforbrug til nogle opgaver i husstanden.

På baggrund af disse værdier er det valgt at arbejde med tre niveauer af forbrug, lavt, middel og højt på henholdsvis 30, 40 og 50 l/person pr. døgn. Fordeling af vandforbruget over året er beskrevet i afsnittet om brugerprofiler. Valg af forbrugsniveauer kan ses på Figur 7.

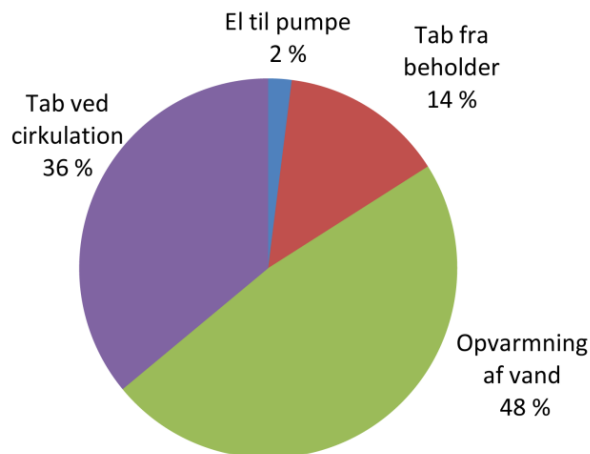


Figur 7: Gennemsnitligt varmtvandsforbrug fra forskellig litteratur, samt valg af anvendte niveauer af forbrug.

De 40 l/person pr. døgn er baseret på information og data fra dansk statistik, som forklaret ovenfor, og de 30 og 50 l/person pr. døgn er værdier på  $\pm 25\%$ . Det er i projektet besluttet at et højt forbrug af el skal hænge sammen med et højt forbrug af varmt brugsvand. Ved elforbruget er der et fald på 11-15 % fra middel til lavt forbrug, men for varmt brugsvand er det for lille et fald som også er vurderet ud fra tallene på Figur 7. Fra middel til højt forbrug er stigningen noget større for elforbrug, henholdsvis 43 og 59 %. Ud fra figuren er det vurderet at forbruget så vil blive meget for stort og derfor er det også valgt til 25 %.

### 5.3 Varmetab fra varmt brugsvandsinstallation

Ud over det egentlige energiforbrug til opvarmning af varmt brugsvand er der et varmetab fra installationen. Ved produktion af varmt brugsvand er der i de fleste ældre boliger ikke taget særligt meget hensyn til varmetab fra installationerne. Ifølge SBI 2009-10 (Bøhm, Schrøder og Bergsøe, 2009), går omkring 50 % af energiforbruget til tab fra rør og vandvarmere og mindre end 25 % kan bruges til rumopvarmning. Det gennemsnitlige varmetab fra rør er 15 W/m, men kan variere fra 5-30 W/m. På Figur 8 herunder er beskrevet et typisk eksempel på hvordan tabet i et parcelhus kan være fordelt. Det er valgt for dette projekt, at regne med et tab på 33 %, se Figur 8. Varmetabet er ikke regnet med som tilskud til rumopvarmning.



**Figur 8:** Eksempel på tab ved opvarmning af vand (Bøhm, Schrøder og Bergsøe, 2009).

Beregning af energiforbrug til opvarmning af brugsvand er lavet ud fra følgende formel:

$$E = \rho \cdot C_p \cdot V \cdot (T_u - T_i) \cdot 1,33 \quad (2)$$

Hvor:

$E$	Energiforbrug [kWh/år]
$\rho$	Densitet vand [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ] – (1000 $\text{kg}/\text{m}^3$ )
$C_p$	Specifik varmekapacitet vand [ $\text{J}/\text{kg K}$ ] – (4200 $\text{J}/(\text{kg K})$ )
$V$	Samlet varmtvandsforbrug [ $\text{m}^3/\text{år}$ ]
$T_i$	Temperatur på koldt vand [ $^{\circ}\text{C}$ ] – (12 $^{\circ}\text{C}$ )
$T_u$	Temperatur på varmt vand [ $^{\circ}\text{C}$ ] – (55 $^{\circ}\text{C}$ )

I Tabel 10 ses de udregnede varmtvandsforbrug benyttet i projektet. Der er taget højde for de beskrevne tab på 33 %.

	<b>2 pers</b>	<b>5 pers</b>
<b>30 l/person pr. døgn [kWh pr. år]</b>	1.461	3.653
<b>40 l/person pr. døgn [kWh pr. år]</b>	1.948	4.871
<b>50 l/person pr. døgn [kWh pr. år]</b>	2.435	6.088

**Tabel 10:** Årligt varmtvandsforbrug ved lav, mellem og højt forbrug for 2 og 5 personer.

## 6 Relative brugerprofiler for elforbrug

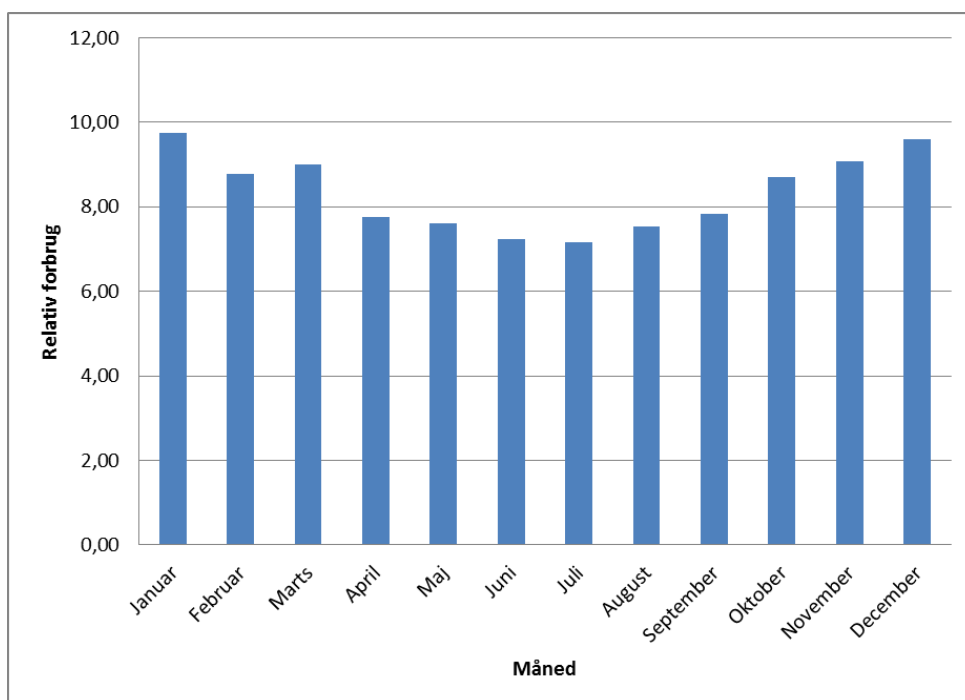
I dette kapitel bliver timeprofiler for elforbrug designet ud fra målinger foretaget i en række forskellige parcelhuse. Elforbruget målt i parcelhusene repræsenterer kun det el som benyttes i husstanden af personer, det vil sige lys, madlavning, computer, tv mm, hvor alt el til ventilation mm ikke er medtaget. Det vil blive undersøgt om uge- og døgnprofiler skal designes efter årssæsonfordelinger og i givet fald, hvilke.

### 6.1 Data

Alle data som er benyttet til at designe dagsprofilerne er resultatet af målinger lavet i fire huse i Tilst (Larsen, 2010a) og tre huse i Vejle (Larsen, 2010b). Endvidere er der benyttet data fra elforbruget for 10 huse i Bramdrupdam (Jensen, 2010) til at undersøge tendenser i forbrug. Udover disse data er der indsamlet data fra Energinet.dk fra forskellige områder i Danmark til sammenligning og verifikation af de designede dags- og sæsonprofiler (Dansk elforsyning, 2007,2008,2009). En del dataserier mangler data på forskellige tidspunkter på året, hvorfor der for nogle huse vil være mangler i data og på grafer. Disse huller tages der højde for ved senere design af profilerne. En undersøgelse af forskellige sæsonfordelinger er foretaget som baggrund for design af profiler. Der er undersøgt både års-, uge- og døgnfordeling.

### 6.2 Sæsonfordeling

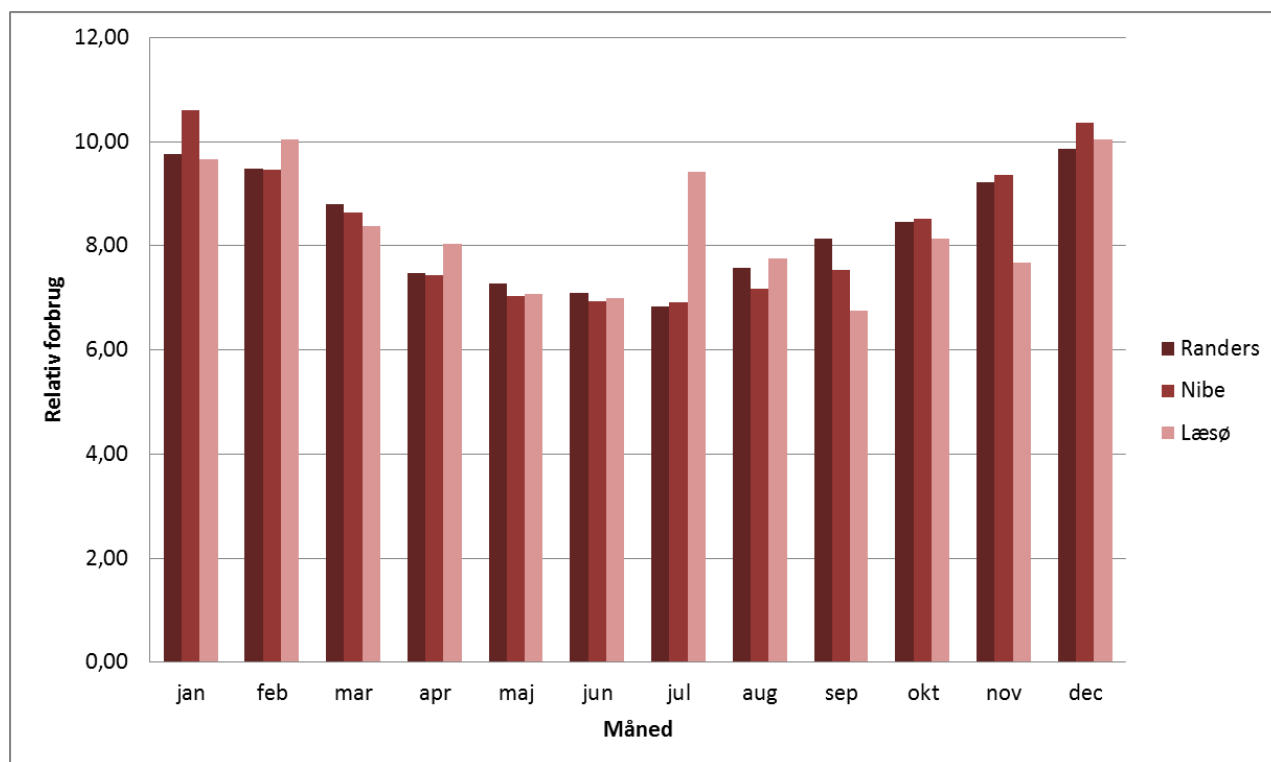
Til at undersøge sæsonfordelingen for elforbruget er der indhentet data fra dansk elforsyning statistik 2007 (Dansk elforsyning, 2007). Ud fra de erhvervede data er der udarbejdet en relativ fordeling pr. måned som skal illustrerer om en sæsonfordeling forefindes. På Figur 9 er resultatet vist.



Figur 9: Relativ fordeling for elforbrug pr. måned (Dansk elforsyning, 2007).

Som det kan ses på grafen er der grundlag for at lave en sæsonfordeling. Forbruget hæves fra februar til marts, hvilket skyldes at februar har mindre dage end marts.

Som en del af undersøgelsen er det valgt også at kigge på elforbruget for forskellige områder i Danmark. Der er medtaget tre områder i undersøgelsen, Randers, Nibe og Læsø, som repræsenterer forskellige typer af byer i Danmark. På den måde undersøges det om der er forskel i det relative forbrug pr. måned i byer med og uden industrihavn, meget og mindre industri med mere. Herunder, på Figur 10, vises det relative forbrug for disse tre lokationer.



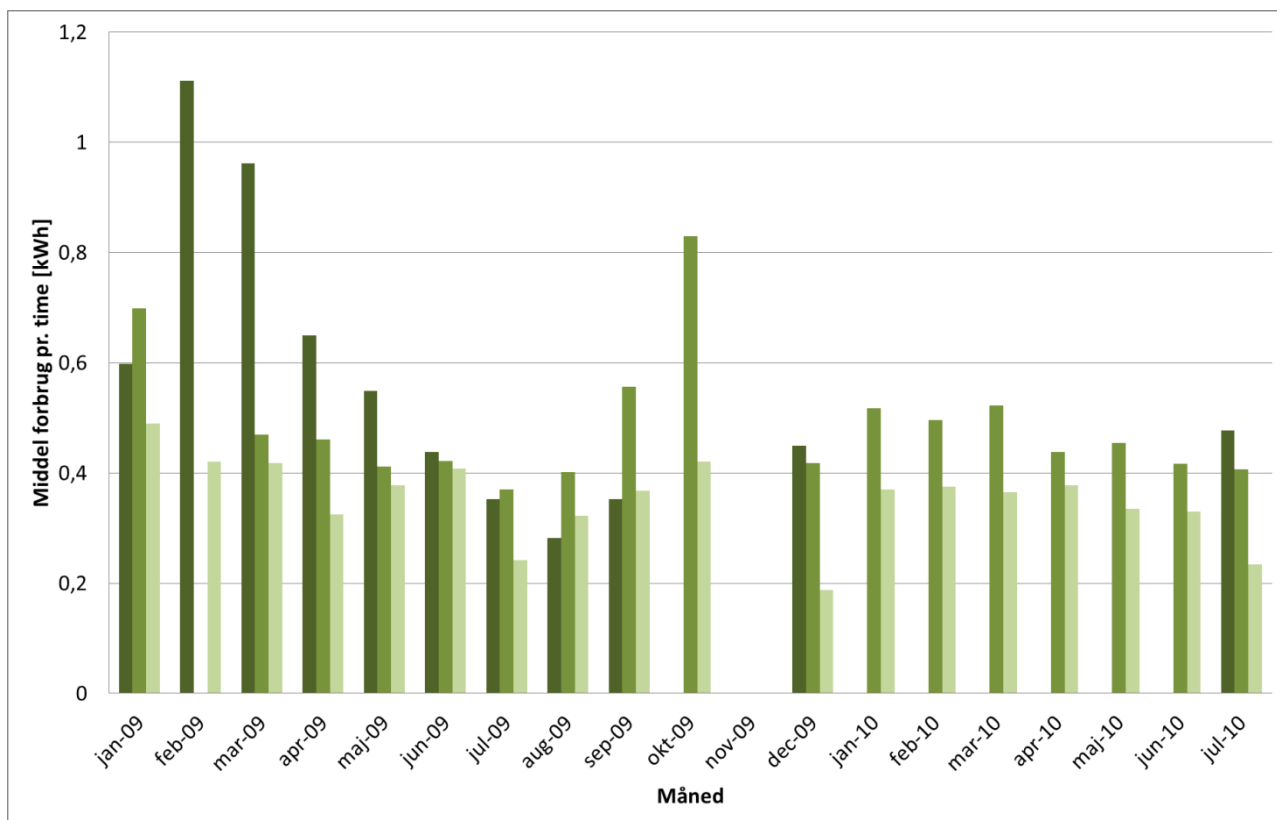
**Figur 10:** Relativ fordeling af elforbrug for 3 forskellige typer af byer.

Som det fremgår på grafen for Randers' relative elforbrug kan der for dette område opsættes en sæsonfordeling. I sommermånederne er elforbruget mindre end de tre andre årstider. Udover en sommersæson kunne der opsættes en vintersæson samt en sæson med måneder for både forår og efterår.

Ligeledes fremgår det, at der kan opsættes sæsonfordelinger for elforbruget i Nibe område. Om sommeren ligger det relative forbrug nede på omkring syv procent, hvilket er tilsvarende grafen for Randers. Men i Nibe bruges der relativt mere el om vinteren end de andre årstider.

Til sidst undersøges Læsø, som er medtaget for at tjekke elforbruget på en af Danmarks mange øer, samtidig med at befolkningstallet stort set er det samme som i Nibe. Modsat de to andre områder, kan der ikke for Læsø opsættes en sæsonfordeling hen over året. Den ujævne fordeling i det relative forbrug gør det meget usikkert at forudsige det samme resultat år efter år. En af grundene til den meget ujævne fordeling kan være turistindflydelsen i det varme halvår.

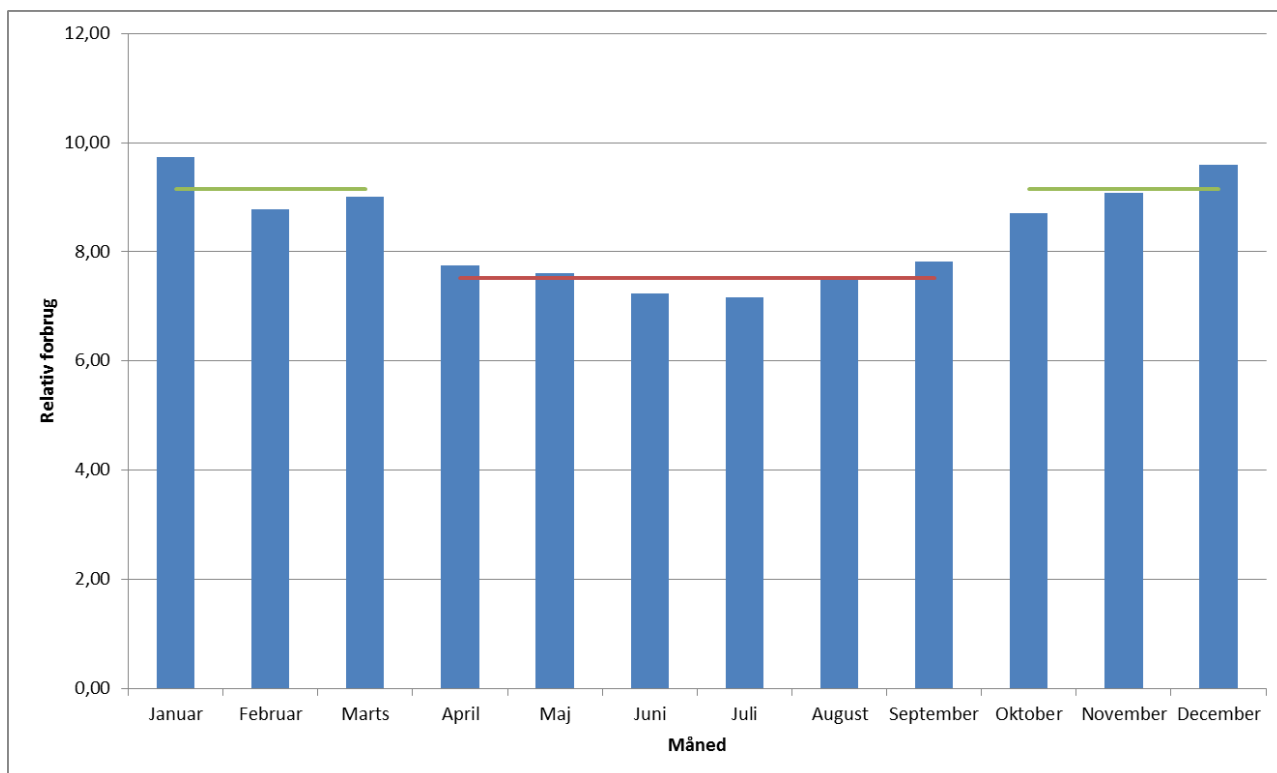
Endvidere er der for enkelte huse undersøgt om en sæsonfordeling er påkrævet. Den relative fordeling for tre af de huse, som indgår i et renoveringsprojekt i Tilst (Energiparcel) er vist på figur Figur 11.



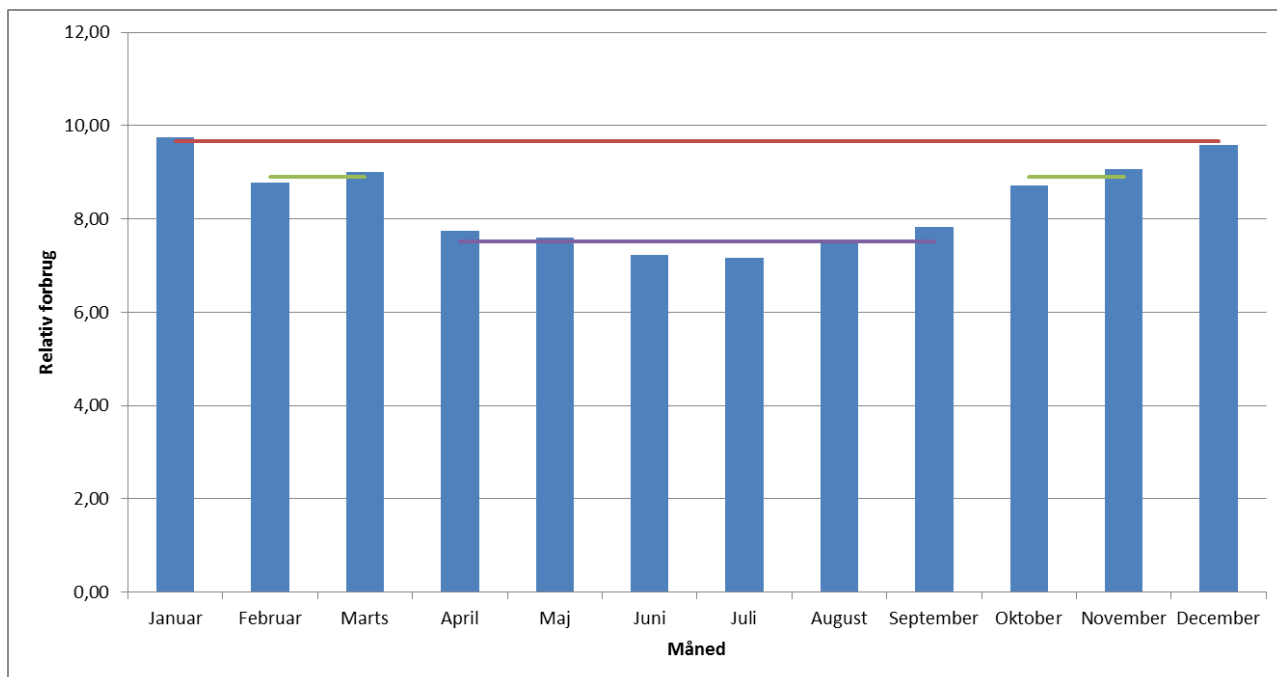
**Figur 11:** Relativ fordeling af elforbrug for 3 parcelhuse.

På grund af manglende data og utilstrækkelige tendenser fravælges det at benytte disse data i beslutningen om en sæsonfordeling.

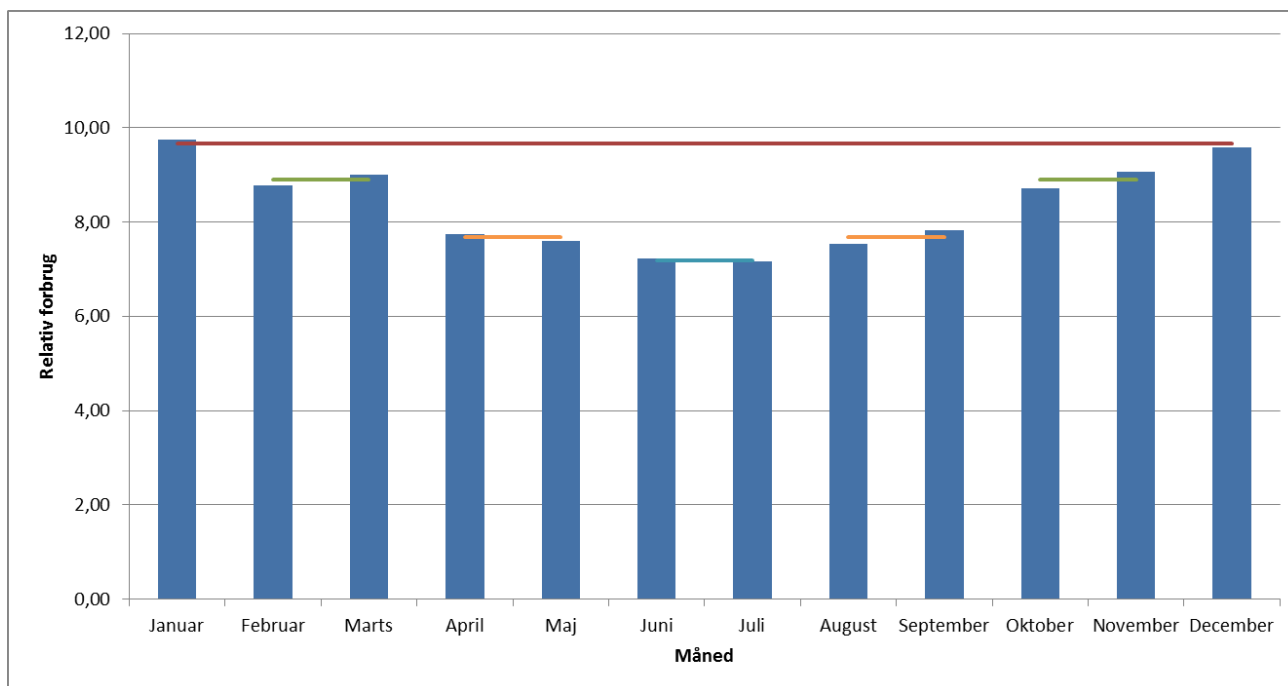
På baggrund af denne analyse af elforbruget fra flere lokationer er det valgt at foretage en sæsonopdeling ud fra indhentede data fra Dansk Energi. For at estimere hvor mange sæsoner elforbruget skal inddeles i er der forsøgt med flere varianter. Disse er vist herunder på Figur 12, Figur 13 og Figur 14.



**Figur 12:** Inddeling i 2 sæsoner.

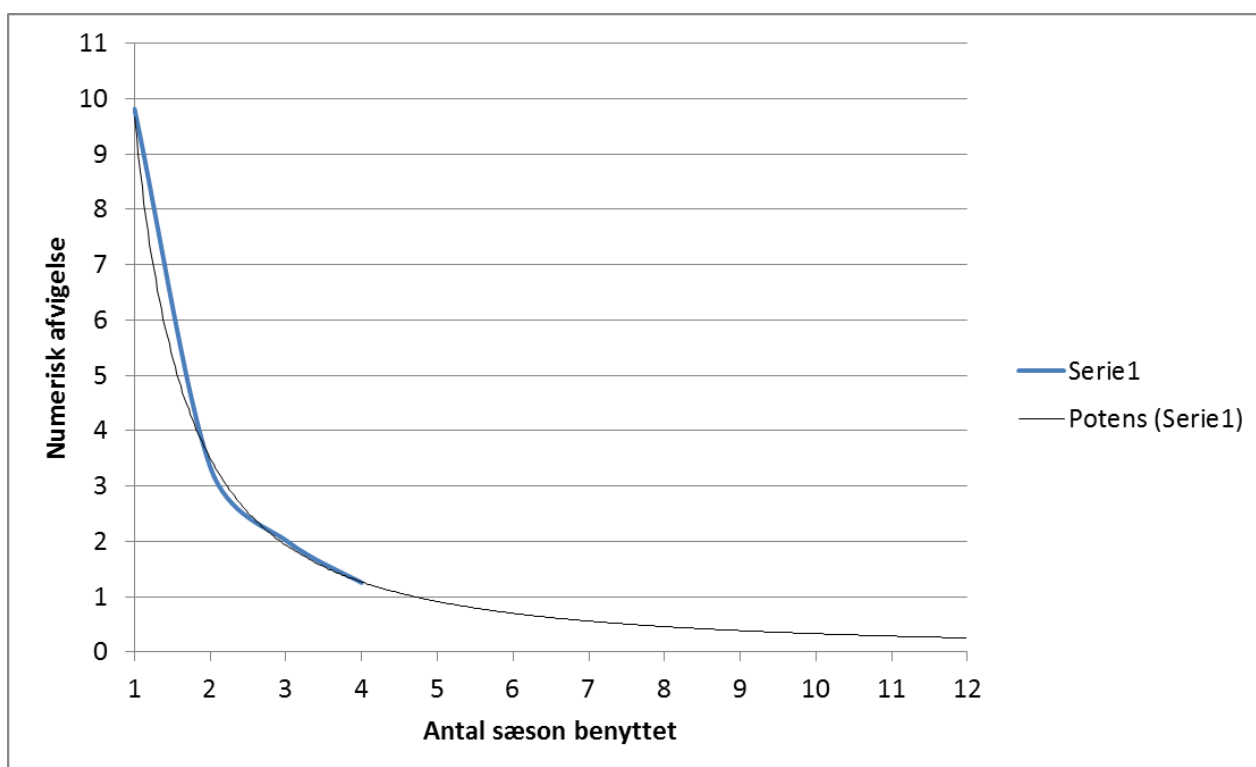


**Figur 13:** Inddeling i 3 sæsoner.



**Figur 14:** Inddeling i 4 sæsoner.

Disse tre er udarbejdet på den måde, at en sæson består af relative middelforbrug af de måneder som indgår i en sæson. For at kunne fravælge de mindst egnede på baggrund af afvigelser og senere kompleksitet ved benyttelse af de færdigt designede profiler, er den numeriske afvigelse fundet. Denne er sammen med en potensfunktion vist på Figur 15.



**Figur 15:** Samlet numerisk afvigelse af procentfordelt forbrug på årsbasis på baggrund af sæsoninddeling med tilpasset potensfunktion.

Grafen viser at flere sæsoner betyder mindre afvigelse. Dog vil en forøgelse på en eller to sæsoner ikke gøre meget forskel. Funktionen passer ikke helt, da den skulle have fået en afvigelse på 0 ved 12 sæsoner, men udviklingen af afvigelsen vil nogenlunde følge den fundne funktion.



Det er vurderet at benytte en sæsonfordeling på fire sæsoner, da udbyttet af tilføjelsen af en eller flere sæsoner ikke er tilstrækkelig stor i forhold til den senere øgede kompleksitet. Den endelige relative fordeling kan ses i Tabel 11.

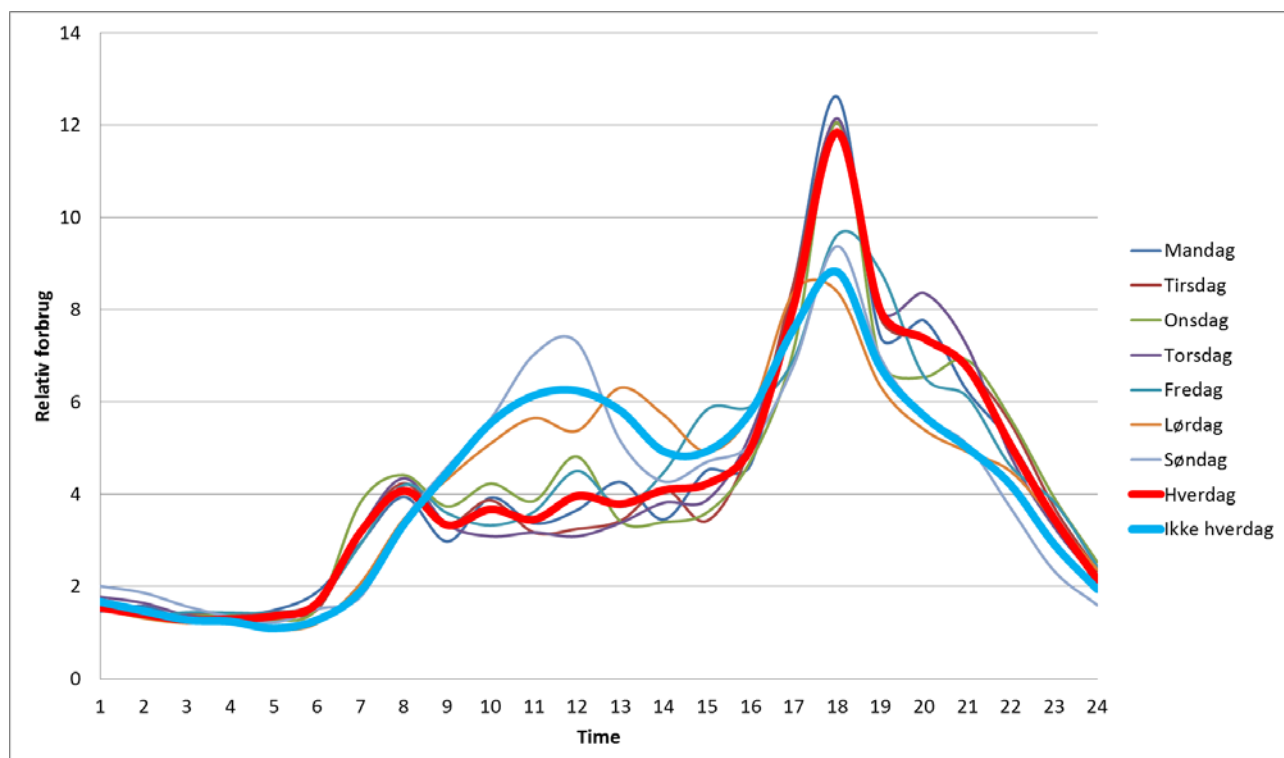
	Måneder	Relativ fordeling	Samlet [%]
1	Januar, december	9,67	19,4
2	Februar, marts, oktober, november	8,89	54,9
3	April, maj, august, september	7,68	85,6
4	Juni, juli	7,20	100

**Tabel 11:** Fordeling for elforbrug.

### 6.3 Undersøgelse af ugedage

Det er valgt at undersøge om elforbruget kræver opdeling ved 'hverdage' og 'ikke hverdage'. I hverdage tilbringer folk ikke så meget tid i hjemmet som i ikke hverdage. 'Ikke hverdage' dækker over både weekender samt helligdage. Helligdage der er taget hensyn til er, nytårsdag, skærtorsdag, langfredag, 2. påskedag, storbededag, Kristi himmelfartsdag, 2. pinsedag, juledag, 2. juledag.

Til denne undersøgelse er et hus i Tilst udvalgt (Larsen, 2010a), hvor det relative dagsprofil ligner data opgivet fra dansk elforsyning statistik. Husets relative fordeling pr. dag hen over hele dagen er vist på grafen herunder. Endvidere er en middel for hverdage og ikke hverdage medtaget, resultatet ses på Figur 16. De anvendte data er fra januar 2009 til og med juli 2010.



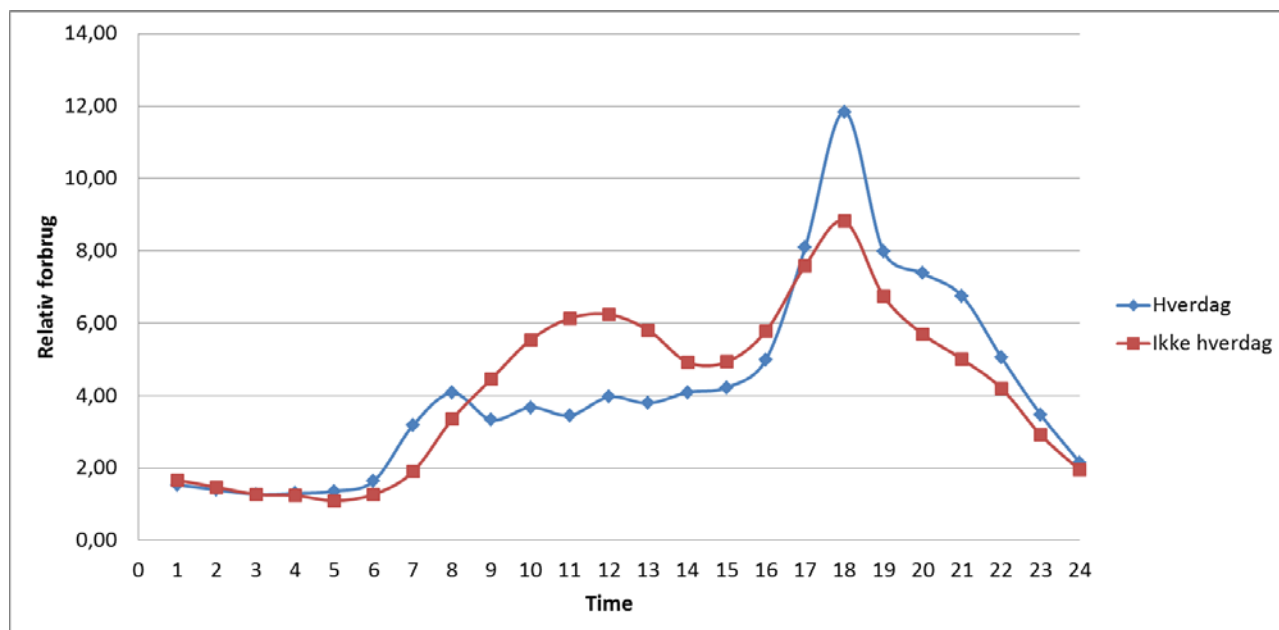
**Figur 16:** Relativ dagsfordeling for alle ugedage, samt en middel for hverdage og ikke hverdage. Data er fra Mejløvænget 9, Tilst.

Her ses det hvordan 'ikke hverdage' skiller sig ud i forhold til hverdage. På grafen er middel for både 'hverdage' og 'ikke hverdage' vist og det ses at forskellen i fordelingen er ret stor. Det ses også at fredag ikke har så stort et forbrug som de andre 'hverdage' ved aftenstid. Ud fra denne analyse konkluderes det at det er nødvendigt at arbejde videre med en fordeling af hverdage og ikke hverdage.

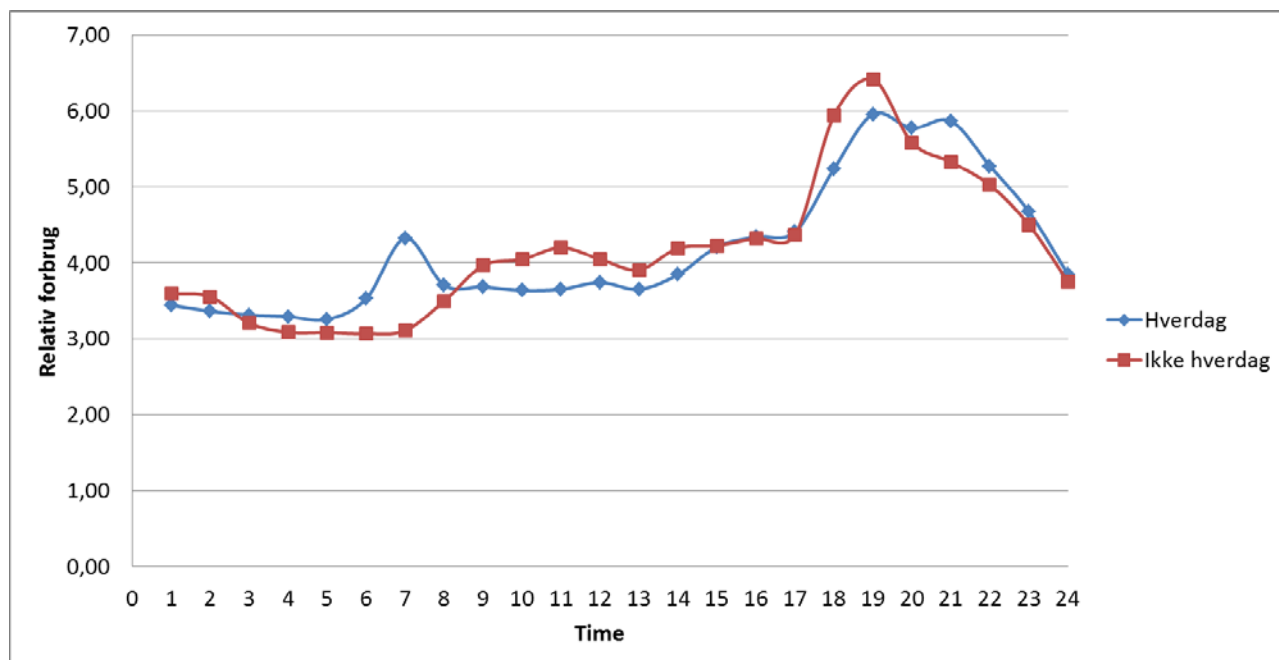
For at give et indblik i, hvor stor forskel der kan være i timefordelingen fra hus til hus, er det valgt at vise relative profiler fra to huse med den valgte fordeling af hverdage og ikke hverdage. Det ene profil er det samme som oven viste og den anden er et eksempel på en mere jævn fordeling hen over døgnet.

## 6.4 Relative profiler

Der er udarbejdet relative forbrug for alle fire huse fra Energiparcel og tre huse fra Skibet i Vejle. To af disse profiler, med både hverdage og ikke hverdage, er vist på Figur 17 og Figur 18.



**Figur 17:** Midlet relative elforbrugsprofiler for hverdage og ikke hverdage. Data fra Mejløvænget 9, Energi Parcel Tilst.



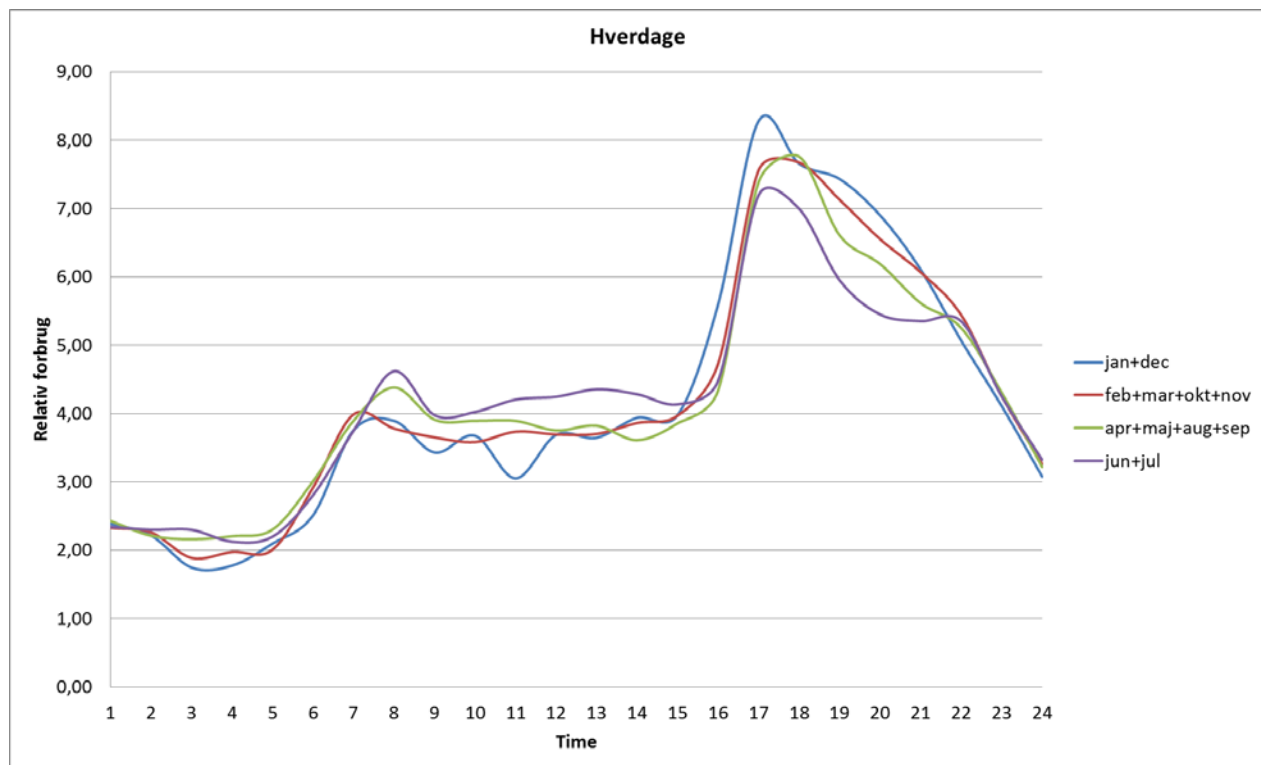
**Figur 18:** Midlet relative elforbrugsprofiler for hverdage og ikke hverdage. Data fra Stenagervænget 47, Skibet Vejle.

Som det kan ses er disse ikke ens. Det viser, hvor forskelligt et forbrug der kan forekomme fra familie til familie. Den ene graf viser et signifikant større peak omkring kl. 18 med et dobbelt så

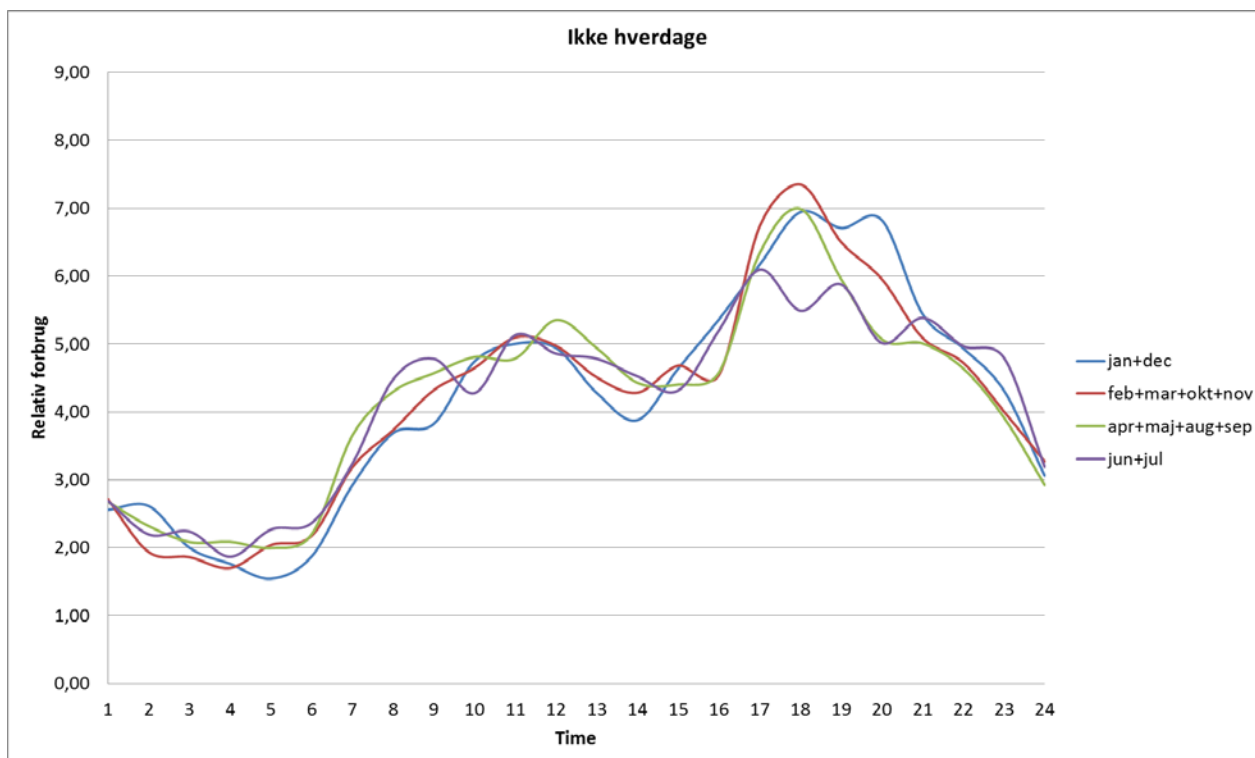
stort relativt forbrug. Derimod holder den anden graf et højere niveau igennem hele dagen, både i hverdagen og ikke hverdagen. Dog peaker de begge omkring kl. 18.

## 6.5 Midlet endelige relative forbrugsprofiler

Da det er besluttet at benytte en sæsonfordeling på fire sæsoner, vil der for både hverdage og ikke hverdage være fire relative fordelinger. Disse otte fordelinger er vist på Figur 19 og Figur 20. Data til disse profiler er fra de omtalte fire huse i Tilst og tre huse fra Skibet i Vejle.



Figur 19: Endelige midlet relative elforbrugsprofiler for hverdage inddelt i 4 sæsoner.



**Figur 20:** Endelige midlet relative elforbrugsprofiler for ikke hverdage inddelt i 4 sæsoner.

Disse otte relative fordelinger vil blive benyttet til den endelig dimensionering af et årsprofil. Til sammenligning holdes disse profiler op imod profiler lavet af Dansk Energi (Dansk elforsyning, 2008, 2009). Denne fordeling er vist på Figur 21.

**Figur 21:** Brugerprofiler fra Dansk Energi med både et vinter- og sommerprofil.

Hvis disse dagsbelastninger sammenlignes med de profiler som er udarbejdet fra de syv huse forefindes en lighed imellem disse. Både profilerne for hverdagen og for ikke hverdage passer godt og der kan ses mange ligheder og sammenhænge. Ud fra denne sammenligning kan det ses at de udarbejdede relative profiler har de karakteristiske træk og peaks, hvorfor de anses som værende brugbare.

For at kunne udregne den relative årsfordeling skal forholdet imellem hverdage og ikke hverdage kendes. Når denne kendes, samt det relative dagsprofil og sæsonfordelingen, kan den relative timeværdi regnes for samtlige timer i et år.

## 6.6 Brugerprofiler

De relative brugerprofiler til elforbrug skal benyttes i BSim. For at dette kan lade gøre, skal der besluttet et årsforbrug som profilerne kan regnes ud fra. Når et forbrug er fastlagt findes den højeste timeværdi hen over året og denne værdi indsættes herefter som standardværdien i BSim. Dette årsspidstimeforbrug er for de seks kombinationer af antal personer og forbrug angivet i Tabel 12.

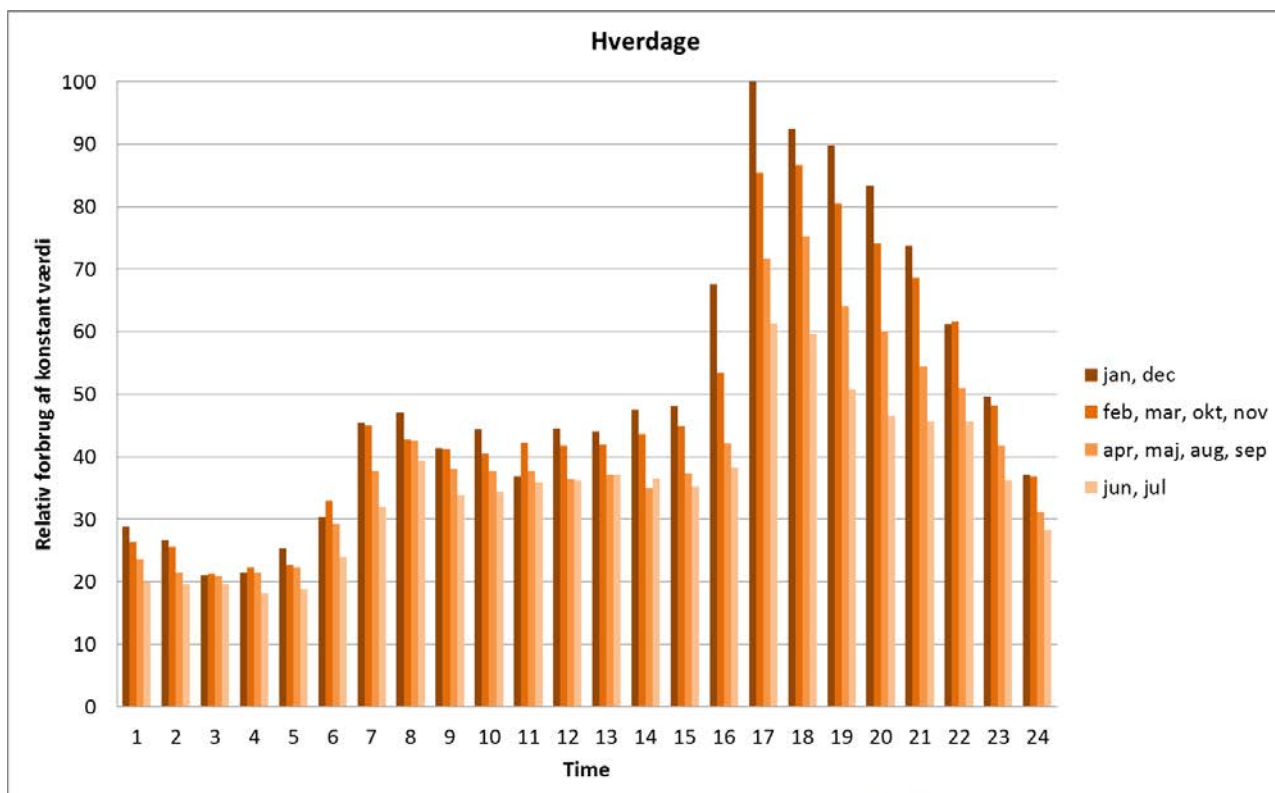
	2 pers	5 pers
Lavt [kWh]	0,78	1,26
Mellem [kWh]	0,91	1,41
Højt [kWh]	1,45	2,01

**Tabel 12:** Årsspidstimeforbrug af el ved lav, mellem og højt forbrug for 2 og 5 personer.

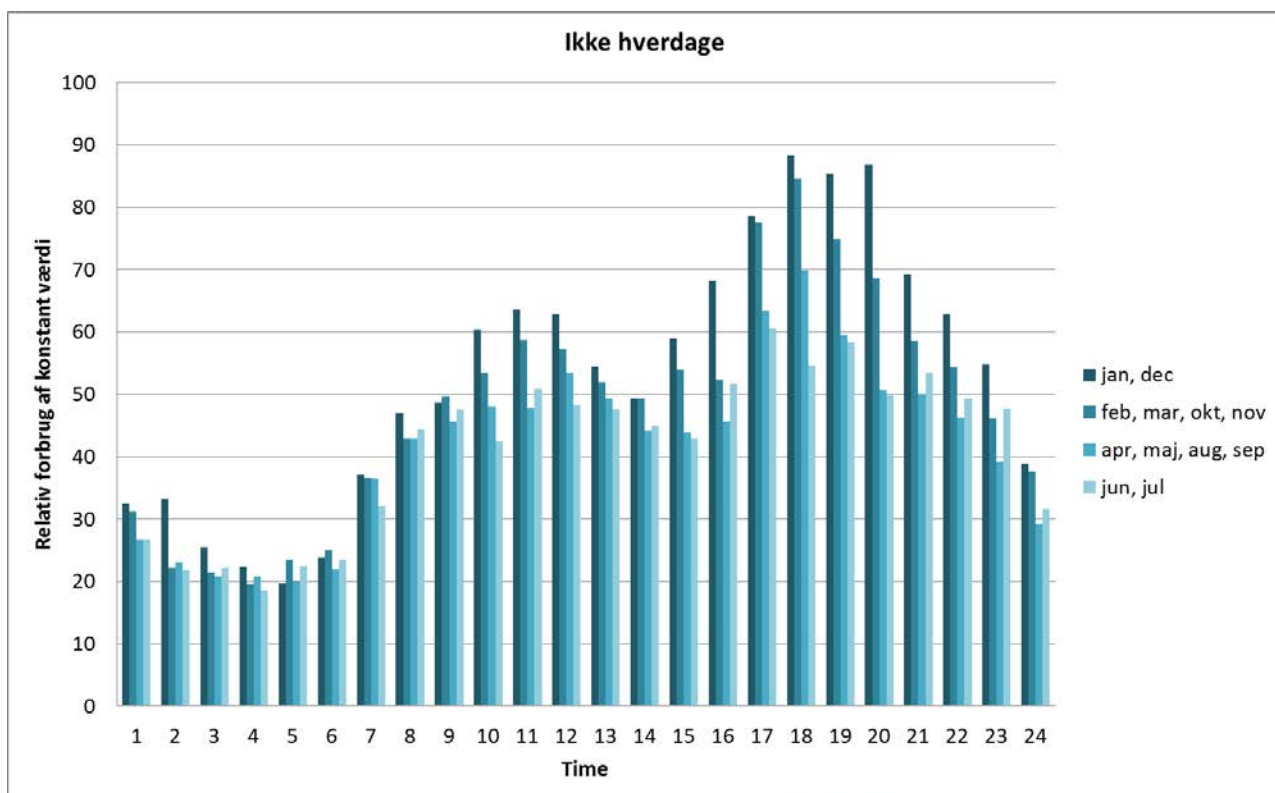
Den relative fordeling laves, så det største relative forbrug over et helt år svarer til 100 %. På denne måde svarer de 100 % til den største faktiske værdi. I dette tilfælde, med fire sæsoner, er det største relative forbrug 0,0039 som fremkommer ved at gange sæsonfordelingen, fordelingen imellem hverdage og ikke hverdage og fordelingen i dagsprofilet. Først præsenteres Tabel 13 med alle relative værdier og dernæst er disse vist grafisk på Figur 22 og Figur 23.

Time nr.	Data til Bsim Jan, dec		feb, mar, okt, nov		apr, maj, aug, sep		jun, jul	
	Hverdage	Ikke hverdage	Hverdage	Ikke hverdage	Hverdage	Ikke hverdage	Hverdage	Ikke hverdage
1	29	33	26	31	24	27	20	27
2	27	33	26	22	21	23	20	22
3	21	25	21	21	21	21	20	22
4	21	22	22	20	21	21	18	19
5	25	20	23	23	22	20	19	22
6	30	24	33	25	29	22	24	23
7	45	37	45	37	38	36	32	32
8	47	47	43	43	43	43	39	44
9	41	49	41	50	38	46	34	47
10	44	60	40	53	38	48	34	42
11	37	64	42	59	38	48	36	51
12	45	63	42	57	36	53	36	48
13	44	54	42	52	37	49	37	47
14	48	49	44	49	35	44	37	45
15	48	59	45	54	37	44	35	43
16	68	68	53	52	42	46	38	52
17	100	78	85	77	72	63	61	61
18	92	88	87	85	75	70	60	55
19	90	85	81	75	64	59	51	58
20	83	87	74	69	60	51	46	50
21	74	69	69	59	54	50	46	53
22	61	63	62	54	51	46	46	49
23	50	55	48	46	42	39	36	48
24	37	39	37	38	31	29	28	32

**Tabel 13:** Relative timeværdier til brug i BSim.



**Figur 22:** Relative timeværdier for elforbrug for hverdage til brug i BSim.

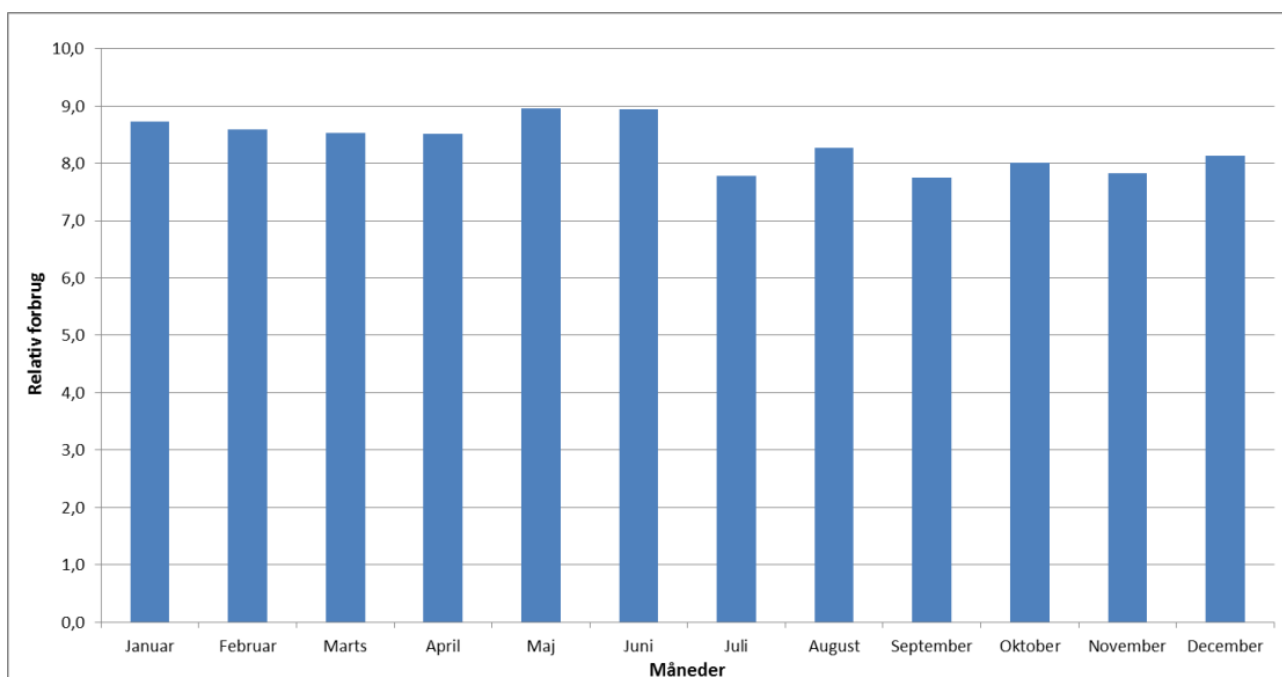


**Figur 23:** Relative timeværdier for elforbrug for ikke hverdage til brug i BSim.

## 7 Relative brugerprofiler for koldt brugsvand

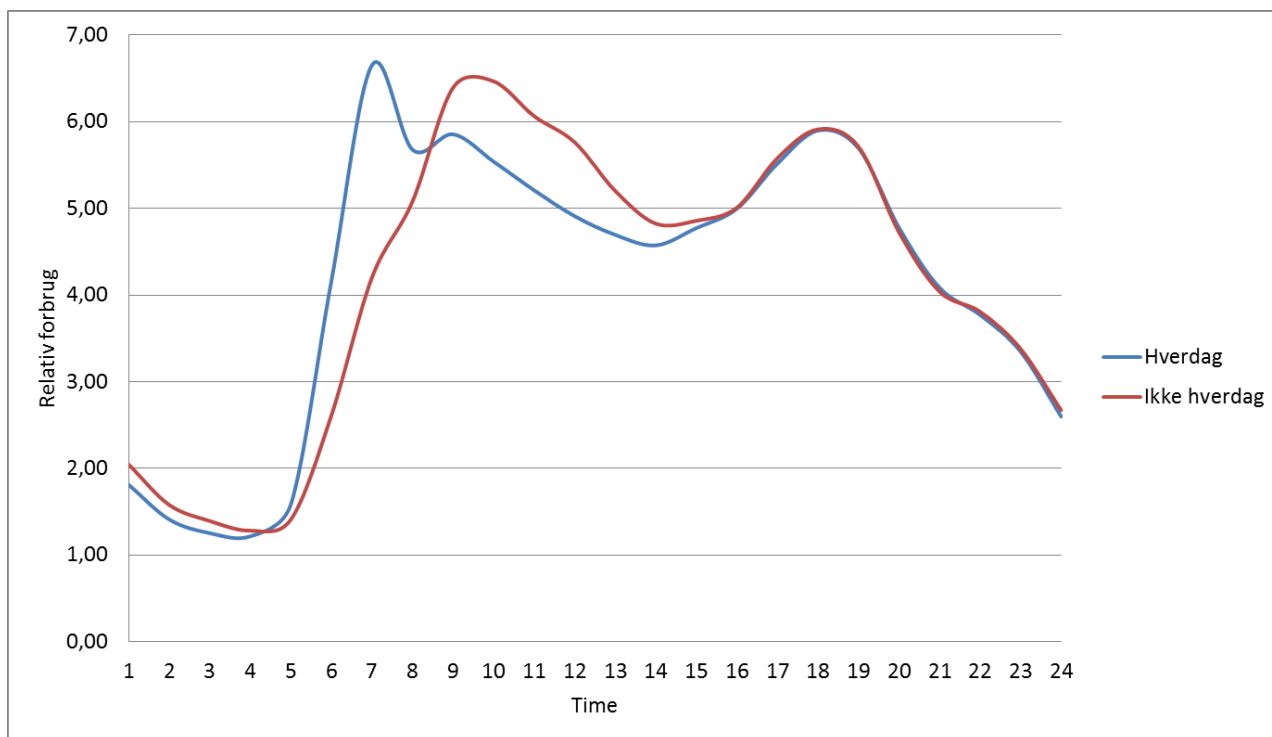
I dette afsnit bliver relative brugsprofiler for koldt vand præsenteret og kommenteret, samt en sæsonundersøgelse. Alle data er fra Agtrup Sønderbjert Vandværk, hvor sæsonundersøgelsen benytter data fra 2007, 2008 og 2009 og de relative forbrugsprofiler benytter data fra januar, juni og august 2007 (Jensen, 2007).

Resultatet af sæsonundersøgelsen kan ses på Figur 24.



**Figur 24:** Sæsonundersøgelse af koldt brugsvand med data fra Agtrup Sønderbjert Vandværk fra 2007, 2008 og 2009.

På figuren er det tydeligt at der ikke, ud fra denne undersøgelse, forekommer nogen sæsonfordeling af koldt brugsvand. De relative profiler er delt op i hverdage og ikke hverdage. Resultatet kan ses på Figur 25 herunder.



**Figur 25:** Relativ timefordeling for koldt brugsvand i Agtrup Sønderbjert (Jensen, 2007).

Ud fra denne fordeling kan det ses at der forekommer 2 spidsbelastninger. For hverdage er det kl. 7 og 19 og for ikke hverdage er det kl. 10 og 19. Det er interessant at de to fordelinger følges ad efter kl. 15 og forbruget falder mere midt på dagen for i hverdagene. Disse fordelinger vil senere blive sammenlignet med fordelingerne udarbejdet for varmt brugsvand for at undersøge om der kan ses en sammenhæng mellem forbruget af koldt og varmt brugsvand.



## 8 Relative brugerprofiler for varmt brugsvand

I dette kapitel bliver timeprofiler for elforbrug designet ud fra målinger foretaget i en række forskellige parcelhuse. Først undersøges eventuelle sæsonfordelinger og efterfølgende bliver brugerprofiler udviklet på baggrund af disse undersøgelser.

### 8.1 Data

Alle data som er benyttet til at designe dagsprofilerne er resultatet af målinger lavet i fire huse i Tilst (Larsen, 2010a) og tre huse i Vejle (Larsen, 2010b). Endvidere er der benyttet data fra SBI 2009-10 varmt brugsvand (SBI, 2009:10) til sæsonundersøgelser. Disse data fra SBI er baseret på en lang række målinger i forskellige typer af boliger.

En del dataserier mangler data på forskellige tidspunkter på året, hvorfor der for nogle huse vil være mangler i data og på grafer. Disse huller tages der højde for ved senere design af profilerne. En undersøgelse af forskellige sæsonfordelinger er foretaget som baggrund for design af profiler.

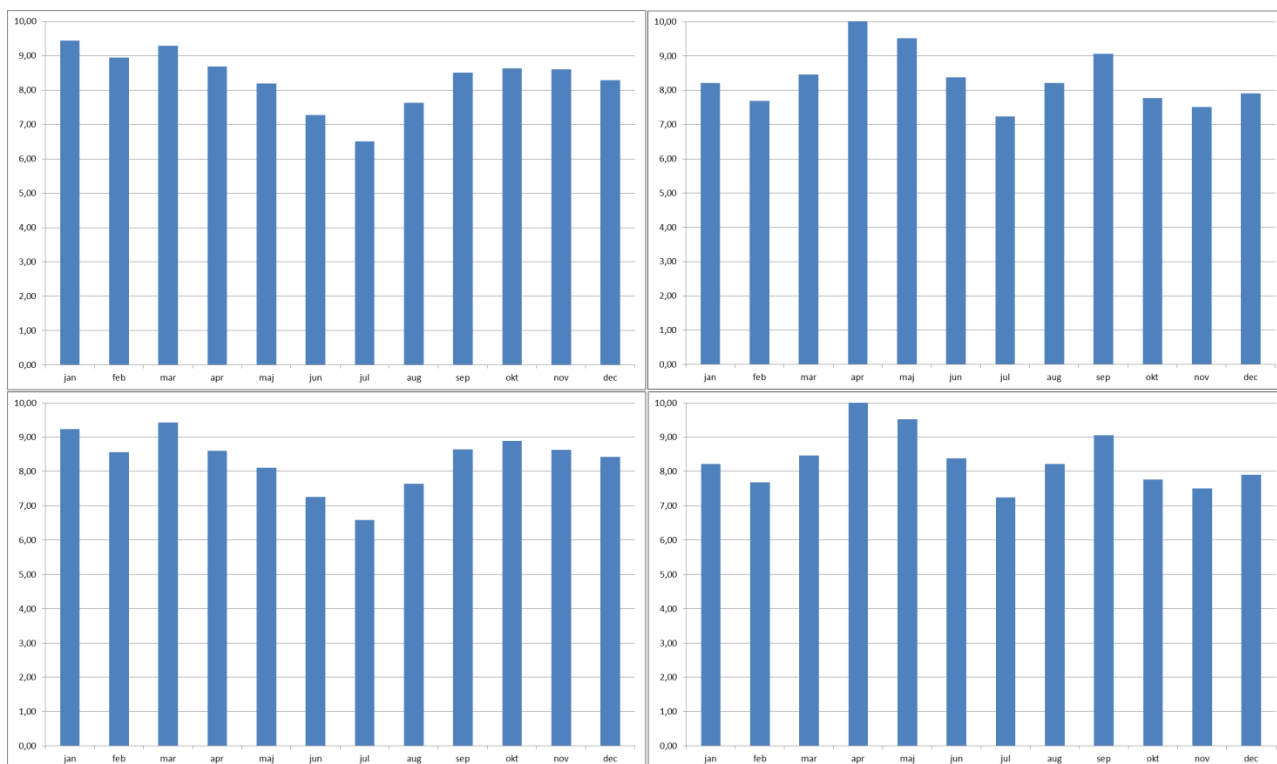
### 8.2 Sæsonfordeling

Til undersøgelsen af sæsonfordelinger er der, som nævnt, indhentet data fra SBI 2009-10 varmt brugsvand (SBI, 2009:10). Fra side 62 og fremefter er der opgivet målinger fra forskellige bygninger, både gamle og nye, og disse data er benyttet til analyse.

Data benyttet er fra følgende bygninger.

- Enfamiliehus fra 1962
- Enfamiliehus fra 2004
- Boligblokke med 171 lejligheder fra 1943
- Højhus fra 1957, 196 lejligheder
- Boligblokke, 81 lejligheder fra 1964
- Tæt/lavt byggeri, toetagers, 105 boliger fra 1987
- Andelsboligforening, 234 lejligheder, installationer fra 1989 og bygningen fra 1925
- Tæt/lavt byggeri med 3 lejligheder og 2 ungdomsboliger fra 1993
- Boligblokke 4 etagers, 214 boliger + fælleshus + ejendoms kontor fra 1996
- 3-etagers boligblokke med 185 boliger fra 1999

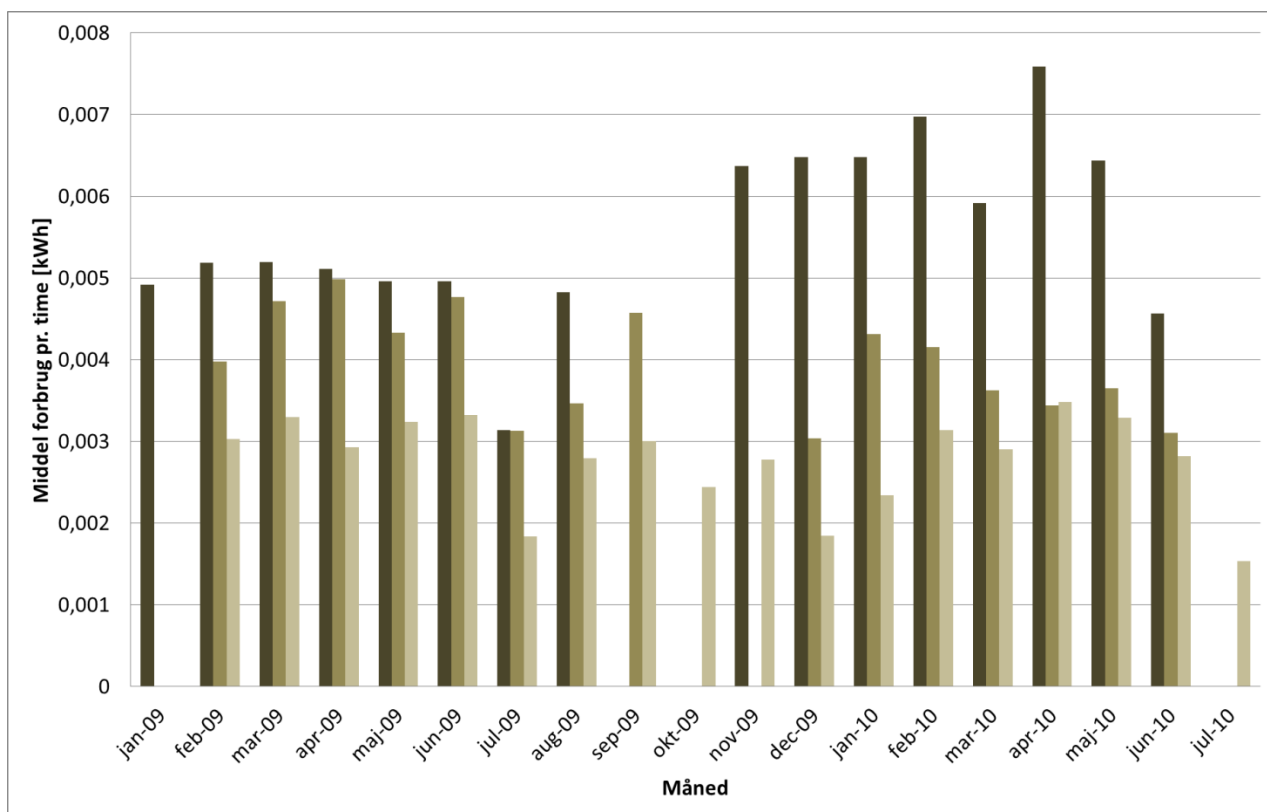
På baggrund af flere forskellige midlingsteknikker og databehandling er der fundet fire relative forbrug på årsbasis. Disse er vist på de fire grafer herunder.



**Figur 26:** Fire forskellige datasæt baseret på forskellig databehandling.

Ud fra disse grafer er det vurderet at disse ikke kan danne grundlag for en eller flere sæsonfordelinger.

Ydermere er data behandlet fra tre huse som indgår i et renoveringsprojekt i Tilst (Energiparcel). Deres forbrugsfordeling kan ses på Figur 27.

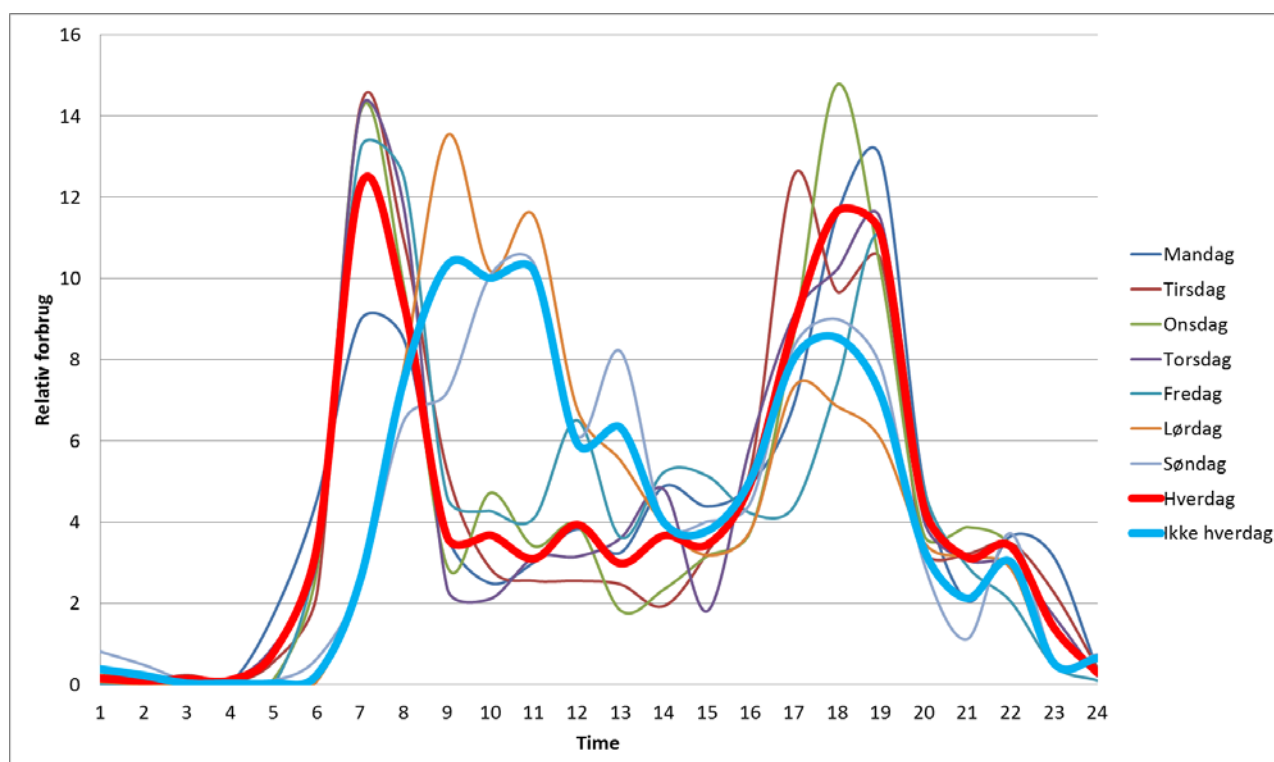


**Figur 27:** Faktisk forbrug fra 3 huse, Energi Parcel Tilst.

Der forefindes ingen tendenser og forbruget svinger imellem højt og lavt flere gange hen over året. På baggrund af disse analyser laves der ingen sæsonfordeling hen over året til varmt brugsvand.

### 8.3 Undersøgelse af ugedage

Til analyse af om en opdeling af ugedagene er nødvendig er der bl.a. anvendt data fra en række af huse fra Energiparcel (Larsen, 2010a) og Komforthusene fra Skibet i Vejle (Larsen, 2010b). Her er der vist et eksempel, hvor de viste data er fra samme hus. Det valgte hus er repræsentativt for resultatet af undersøgelsen for alle husene. Husets relative fordeling pr. dag hen over hele dagen er vist på Figur 28 og også her har observation af en forskellighed mellem hverdage og ikke hverdage medført at disse, som middel, er medtaget.

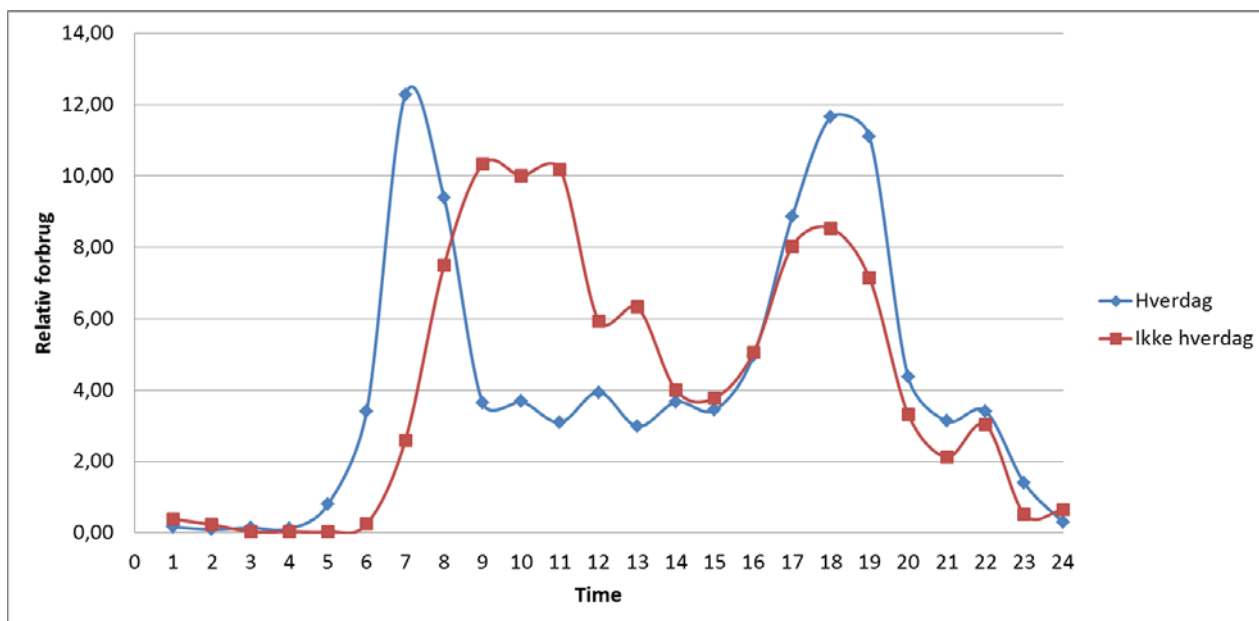


**Figur 28:** Relativ dagsfordeling for alle ugedage, samt en middel for hverdage og ikke hverdage. Data er fra Mejløvænget 9, Tilst.

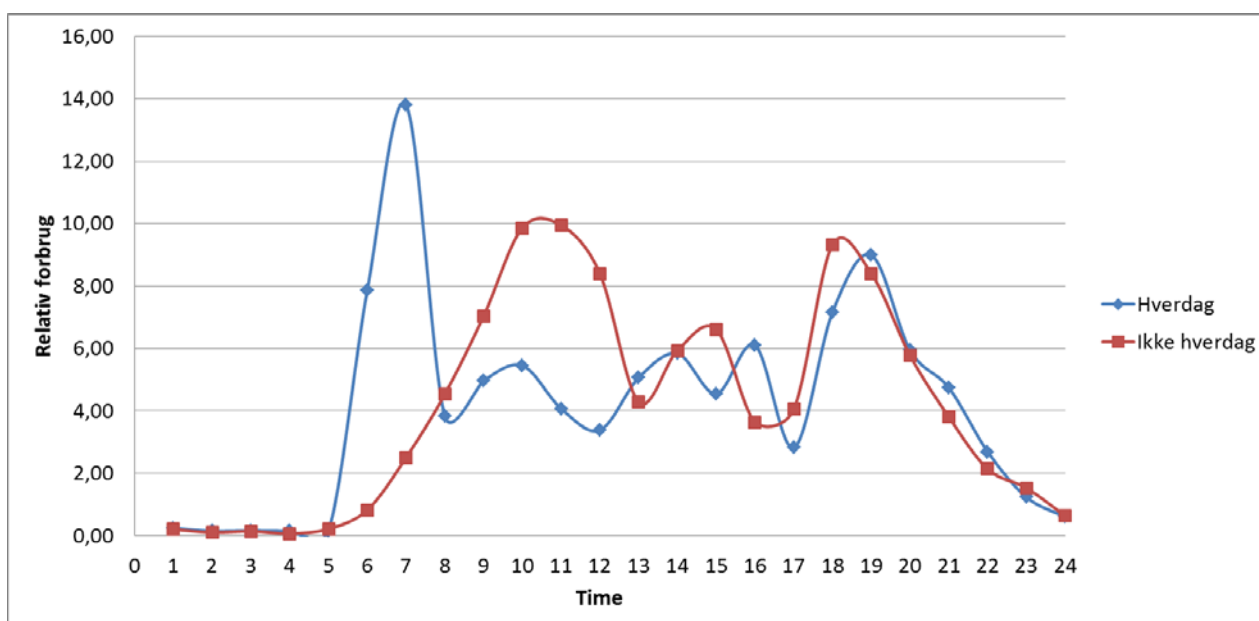
På grafen ses en forskel mellem hverdage og ikke hverdage. Lørdag og søndag ligger sig uden for de andre dage i ugen, selvom de ved 16 tiden alle stiger mod eftermiddags- og aftenspeak.

#### 8.3.1 Sammenligning af 2 huses profiler

Her er relative profiler for varmt brugsvand vist for både hverdage og ikke hverdage. Disse grafer repræsenterer de samme to huse som er vist under elforbrugets relative profiler, se Figur 29 og Figur 30.



**Figur 29:** Midlet relative varmtvandsforbrugsprofiler for hverdage og ikke hverdage. Data fra Mejløvænget 9, Energiparcel Tilst.



**Figur 30:** Midlet relative varmtvandsforbrugsprofiler for hverdage og ikke hverdage. Data fra Stenagervænget 47, Skibet Vejle.

Her ses det at de begge er enige om et peak omkring kl. 07 på hverdage og omkring kl. 10-11 på ikke hverdage. Den største og mest markante forskel er at det ene profil bruger relativt mere varmt vand til aften på hverdage end det andet. Dette viser at der kan være stor forskel imellem husene.

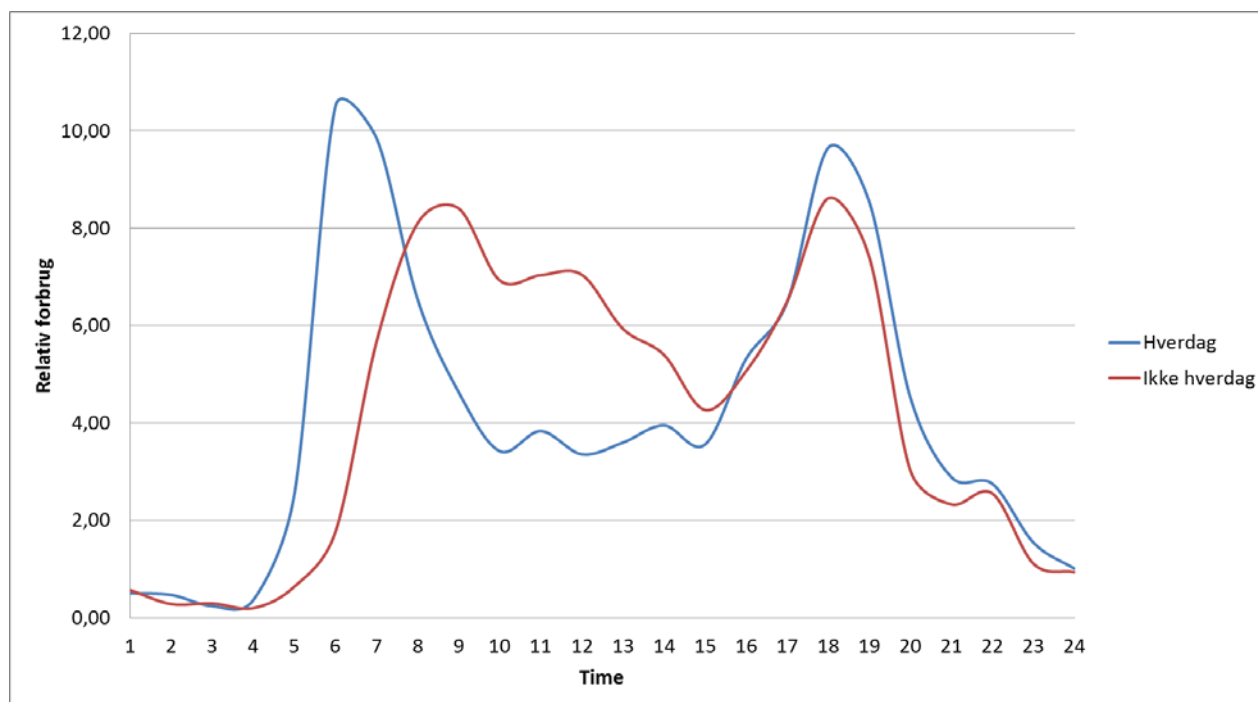
Analysen danner ikke grundlag for andre fordelinger og derfor benyttes denne fordeling til videre design.

Som før beskrevet, benyttes der data fra syv huse (4 fra Energiparcel i Tilst og 3 fra Skibet i Vejle) til at designe profilerne (Larsen, 2010a, 2010b). I det følgende vises relative forbrugsprofiler fra to huse, for at vise hvilken forskel der kan være fra hus til hus.

## 8.4 Midlet endelige relative forbrugsprofiler

I dette afsnit vises de endelige udarbejdede relative profiler. Profilerne er lavet ud fra fire huse fra Energiparcel og 3 fra skibet i Vejle og disse vil blive sammenlignet med profiler fra DS-EN 15316-3-1 (DS/EN 15316-3-1, 2007) og prEN 50440 (prEN 50440, 2005) som angiver profiler for varmt brugsvand.

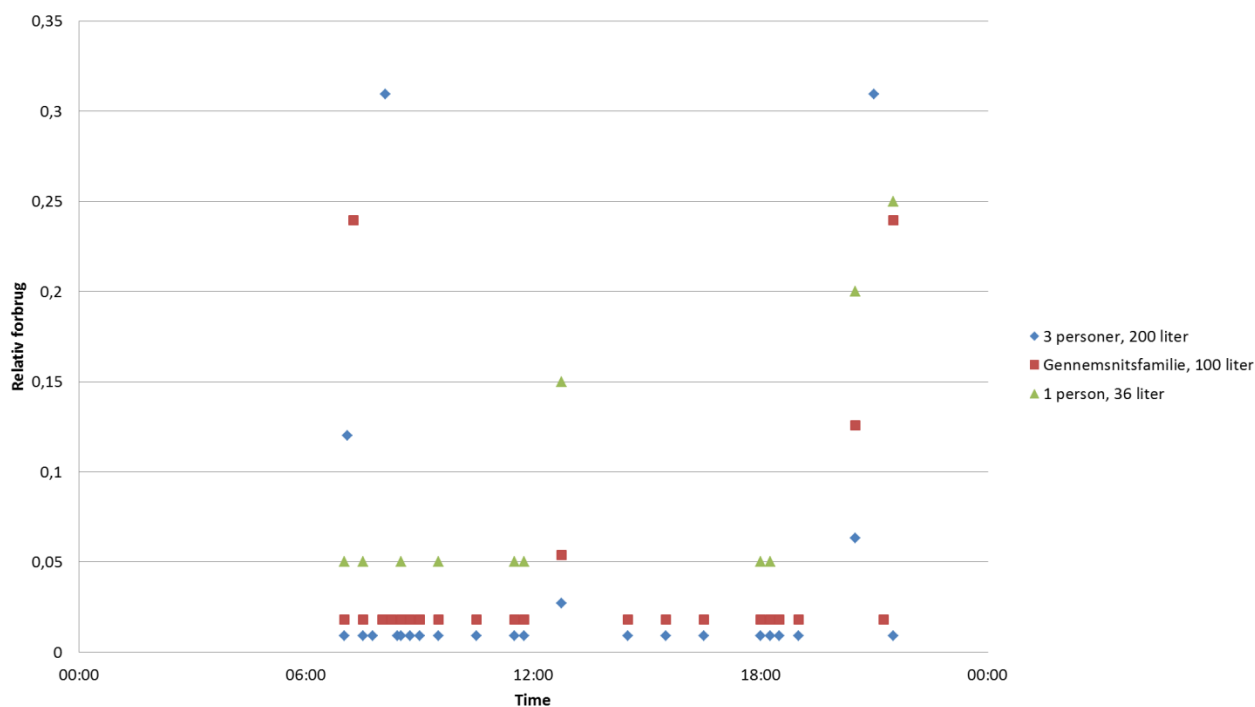
Da der ingen sæsonfordeling er fundet på det varme brugsvand er der kun udarbejdet to profiler, et til hverdage og et til ikke hverdage. Disse to relative profiler er vist herunder på Figur 31.



**Figur 31:** Endelig relativ fordeling for hverdage og ikke hverdage. Profilerne benyttes hele året.

Disse profiler har, sammenlignet med profilerne for koldt brugsvand se Figur 25, lavere værdier i timerne 1-4 og 20-24, men højere spidsbelastninger. De er enige om at spidsbelastningerne ligger lidt forskudt tidligt på dagen og til aften ligger det samme sted. Profilerne for koldt vandsforbrug og varmt vandsforbrug er ikke ens, men de samme tendenser kan genkendes.

Profilerne sammenlignes herunder med profiler taget fra DS-EN 15316-3-1 (2007) Varmesystemer i bygninger - Systemer til varmt brugsvand, forbrugsmønster (tappeprogram) Annex A. Profilerne i denne standard er nogle generelle profiler som repræsenterer tre forskellige tappeprogrammer, en for hver af tre forskellige familiestørrelser. Disse tre er vist på Figur 32.



**Figur 32:** 3 relative profiler familier på forskellige størrelser fra DS-EN 15316-3-1, Annex A.

Som det kan ses passer disse profiler ikke særlig godt med de udarbejdede profiler. Dog forefindes der visse ligheder, som peaks både morgen og aften. Derudover et vist forbrug omkring kl. 12, men ifølge profilerne fra standarden forekommer der ikke noget forbrug før kl. 7 og efter kl. 22. På den baggrund, sammen med det faktum at profilerne fra standarden er meget 'firkantet sat op' besluttet det at benytte de to udarbejdede relative profiler.

## 8.5 Brugerprofiler

For at kunne udregne den relative årsfordeling skal forholdet imellem hverdage og ikke hverdage kendes. Når denne, det relative dagsprofil og sæsonfordeling kendes, kan den relative timeværdi regnes for samtlige timer på et år. Timen med 100 % repræsenterer igen årsspidstimeforbruget og disse er for de seks kombinationer af antal personer og forbrug angivet i Tabel 14.

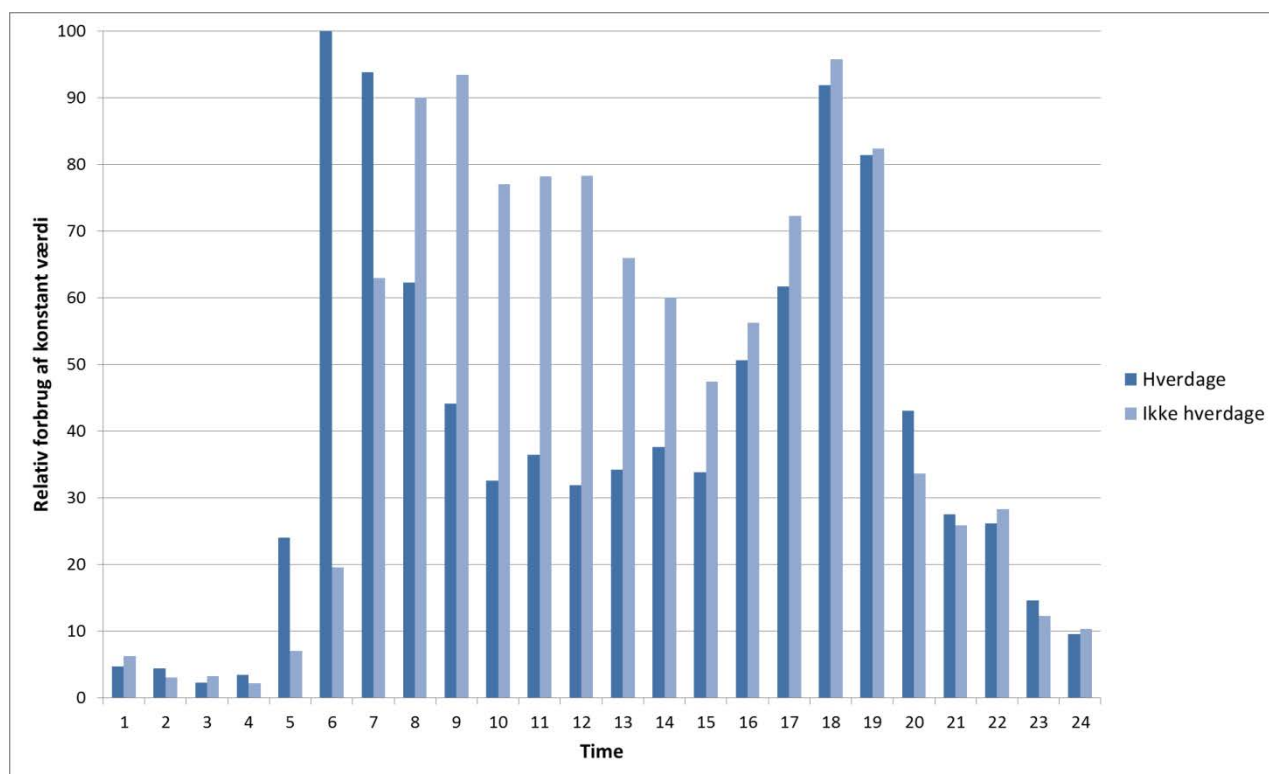
	2 pers	5 pers
30 l/person pr. døgn [kWh]	0,40	1,00
40 l/person pr. døgn [kWh]	0,53	1,34
50 l/person pr. døgn [kWh]	0,67	1,67

**Tabel 14:** Årsspidstimeforbrug af varmt brugsvand ved lav, mellem og højt forbrug for 2 og 5 personer.

De endelige relative profiler er vist i tal i Tabel 15. Tallene er vist som et procentforbrug af en standard værdi. Herefter vises resultatet grafisk på Figur 33.

Time nr.	Profildata Årsprofil	
	Hverdage	Ikke hverdage
1	5	6
2	4	3
3	2	3
4	3	2
5	24	7
6	100	20
7	94	63
8	62	90
9	44	93
10	33	77
11	36	78
12	32	78
13	34	66
14	38	60
15	34	47
16	51	56
17	62	72
18	92	96
19	81	82
20	43	34
21	27	26
22	26	28
23	15	12
24	10	10

**Tabel 15:** Relative timeværdier, hvor en konstant forbrugsværdi benyttes.



**Figur 33:** Relative timeværdier for varmt brugsvand, hvor en konstant værdi benyttes.

## 9 Litteraturliste

**Bechmann, 1996.** Dorthe Bechmann. SBI-rapport 260: *Boligers vandforbrug - Strategier for fremtidens vandforsyning i boligområder*. Elektronisk udgave. Statens Byggeforskningsinstitut, 1996.

**Bergsøe, 1991.** N. Bergsøe. *SBI-Report 213: Investigation of ventilation conditions in recent dwellings*. Hørsholm, Danmark. 1991.

**Bergsøe, 1994.** N. Bergsøe. *SBI-Report 236: Ventilation conditions in recent naturally ventilation, detached houses*. Hørsholm, Danmark. 1994.

**Bøhm, Schrøder og Bergsøe, 2009.** Benny Bøhm, Flemming Schrøder og Niels C. Bergsøe. *SBI 2009-10: Varmt brugsvand – Måling af forbrug og varmetab fra cirkulationsledninger*. ISBN 978-87-563-1372-8, 1. udgave. Statens Byggeforskningsinstitut, 2009.

**Danmarks statistik, 2007.** Danmarks Statistik. *Større privat vandforbrug – rettet*. ISSN 1601-1015 (netversion). Danmarks Statistik, 2007.

**Dansk elforsyning, 2007.** Dansk Energi Branchestatistik. ISSN: 0907-5259.

**Dansk elforsyning, 2008.** Dansk Energi. ISSN: 0907-5259.

**Dansk elforsyning, 2009.** Dansk Energi. ISSN: 1904-4283.

**Dong Energy, 2010.** Dong Energy.

<http://www.dongenergy.dk/privat/energiforum/tjekditforbrug/typiskelforbrug/Pages/hus.aspx>.

Dong Energy 2010. Downloaded: 23-08-2011.

**DS/EN 15316-3-1, 2007.** Dansk standard. ICS: 91.140.65, Annex A s. 62. 2007.

**Gram-Hanssen, 2005.** Kirsten Gram-Hanssen. *SBI 2005-12: Husholdningers elforbrug – hvem bruger hvor meget, til hvad og hvorfor?*. ISBN 87-563-1235-0, 1. udgave. Statens Byggeforskningsinstitut, 2005.

**Gram-Hanssen og Petersen, 2005.** Kirsten Gram-Hanssen og Kirstine Nærvig Petersen. *SBI 2005-09: Husholdningers energi- og vandforbrug*. ISBN 87-563-1231-8, 1. udgave. Statens Byggeforskningsinstitut, 2005.

**Gunnarsen, 2001.** L. Gunnarsen. *By og Byg resultater 009: Fugt, ventilation, skimmelsvampe og husstøvmider. En tværandersøgelse i lejligheder*. Hørsholm Danmark. 2001.

**Hanssen et al., 1992.** Sten Olaf Hanssen, Jan Vincent Thue, Ivar Wangensteen, Frode Gjerstad, Vojislav Novakovic og Oddbjørn Sjøvold. *Enøk i bygninger*. ISBN: 82-00-40909-0. 1991.

**Jensen et al, 2011a.** Rasmus L. Jensen, Jesper Nørgaard, Ole Daniels og Rasmus O. Justesen. *Person- og forbrugsprofiler, bygningsintegreret energiforsyning*. ISSN: 1901-726X, DCE Technical Report no. 69.



**Jensen et al, 2011b.** Rasmus L. Jensen, Jesper Nørgaard, Ole Daniels og Rasmus O. Justesen. *Beskrivelse af casehuse, bygningsintegreret energiforsyning*. ISSN: 1901-726X, DCE Technical Report no. 70.

**Jensen et al, 2011c.** Rasmus L. Jensen, Jesper Nørgaard, Ole Daniels og Rasmus O. Justesen. *Beregningsgang, bygningsintegreret energiforsyning*. ISSN: 1901-726X, DCE Technical Report no. 71.

**Jensen et al, 2011d.** Rasmus L. Jensen, Jesper Nørgaard, Ole Daniels og Rasmus O. Justesen. *Resultater, bygningsintegreret energiforsyning*. ISSN: 1901-726X, DCE Technical Report no. 72.

**Jensen, 2007.** Rasmus L. Jensen. *Koldtvandsforbrug i Agtrup Sønderbjert, data fra Agtrup Sønderbjert vandværk*. Personlig kommunikation. 2007.

**Jensen, 2010.** Rasmus L. Jensen. *Elforbrug i 10 huse i Bramdrupdam, jan-mar 2009*. Aalborg Universitet. Personlig kommunikation. 2010.

**Keiding et al., 2003.** Lis Keiding, Lars Gunnarsen, Nils Rosdahl, Mette Machon, Ralf Møller og Ole Valbjørn. *Miljøfaktorer i danskernes hverdag – med særligt fokus på boligmiljø. Resultater fra undersøgelse af danskernes sundhed og sygelighed i 2000*. ISBN 87-7899-060-2. Statens Institut for Folkesundhed, 2003.

**Knudsen og Kristensen, 2010.** Henrik N. Knudsen og Lars Kristensen. *Power Point præsentation: Fremtidens Parcelhuse med fokus på brugertilfredshed*. 2010.

**Koch et al., 1987.** A. Koch, B. Kvistgaard, J. Larsen og T. Nielsen. *Fugt i boligen*. Teknologisk institut. 1987.

**Larsen, 2010a.** Tine S. Larsen, Rasmus L. Jensen, Mathias R. Andersen, Ole Daniels. *EnergiParcel, Måling af indeklimate og energiforbrug – Endelig rapport (EnergiParcel, Measurements of indoor environment and energy consumption – Final report)*, ISSN 1901-726X DCE Technical Report No. 117. Aalborg universitet. 2011.

**Larsen, 2010b.** Tine S. Larsen. *Målresultater fra Komfort Husene*. Ikke udgivet. Aalborg Universitet, 2010.

**prEN 50440, 2005.** EUROPEAN STANDARD. *Efficiency of domestic electrical storage water-heaters*. Ref. No. prEN 50440:2005 E. 2005.

**Schmidt et al., 1989.** Erik Ib Schmidt, Eszter Körmendi, Gunnar Viby Mogensen og Jon Vibe-Pedersen. *24 timer i døgnet. Tidsanvendelse og forbrugsmønstre siden 60'erne*. ISBN 87-7351-768-2. Systime, 1989.

**Thomsen og Aggerholm, 2000.** Kirsten Engelund Thomsen og Søren Aggerholm. *SBi – meddelelse 129: Beregning af bruttoenergiforbrug*. ISBN 87-563-1050-1. Statens Byggeforsknings institut, 2000.

**Wittchen, 2004.** *Vurdering af potentialet for varmbesparelser i eksisterende boliger*. Serietitel: By og Byg Dokumentation 057. ISBN 87-563-1206-7. Statens Byggeforskningsinstitut. 2004.

## Seneste udgivelser i DCE Technical Report serien

### **DCE Technical Report; 72**

Resultater, bygningsintegreret energiforsyning. Rasmus L. Jensen ; Jesper Nørgaard ; Ole Daniels ; Rasmus O. Justesen. Aalborg : Aalborg University. Department of Civil Engineering, 2011.

### **DCE Technical Report; 71**

Beregningsgang, bygningsintegreret energiforsyning. Rasmus L. Jensen ; Jesper Nørgaard ; Ole Daniels ; Rasmus O. Justesen. Aalborg : Aalborg University. Department of Civil Engineering, 2011.

### **DCE Technical Report; 70**

Beskrivelse af casehuse, bygningsintegreret energiforsyning. Rasmus L. Jensen ; Jesper Nørgaard ; Ole Daniels ; Rasmus O. Justesen. Aalborg : Aalborg University. Department of Civil Engineering, 2011.

### **DCE Technical Report; 69**

Person- og forbrugsprofiler, bygningsintegreret energiforsyning. Rasmus L. Jensen ; Jesper Nørgaard ; Ole Daniels ; Rasmus O. Justesen. Aalborg : Aalborg University. Department of Civil Engineering, 2011.

### **DCE Technical Report; 67**

Energibesparelser i børneinstitutioner ved valg af den optimale ventilationstekniske løsning tilpasset konkrete situationer. Olena Kalyanova Larsen ; Per Heiselberg. Aalborg : Aalborg University. Department of Civil Engineering, 2009.

### **DCE Technical Report; 66**

Synthesis Report on User Acceptability of Ventilation Technologies. Olena Kalyanova Larsen ; Per Heiselberg. Aalborg : Aalborg University. Department of Civil Engineering, 2009.

### **DCE Technical Report; 65**

Results of User Satisfaction Surveys for 18 buildings. Olena Kalyanova Larsen ; Per Heiselberg. Aalborg : Aalborg University. Department of Civil Engineering, 2009.

### **DCE Technical Report; 54**

Undersøgelse af Strategier for Passiv Køling. / Kobbegaard, A. ; Heiselberg, Per. Aalborg : Aalborg University. Department of Civil Engineering, 2008.

### **DCE Technical Report; 53**

Night-time Ventilation Experiments : Setup, Data Evaluation and Uncertainty Assessment. / Artmann, N. ; Jensen, Rasmus Lund. Aalborg : Aalborg University. Department of Civil Engineering, 2008.

### **DCE Technical Report; 52**

Temperature Measurements Using Type K Thermocouples and the Fluke Helios Plus 2287A Datalogger. / Artmann, N. ; Vonbank, R. ; Jensen, Rasmus Lund. Aalborg : Aalborg University. Department of Civil Engineering, 2008.

**DCE Technical Report; 51**

State-of-the-art Review : Vol. 2A. Responsive Building Elements : ANNEX 44 : Integrating Environmentally Responsive Elements in Buildings. / Perino, Marco (Redaktør) ; Blümel, Ernst ; Haghighat, Fariborz ; Li, Yuguo ; Haase, Matthias ; Heiselberg, Per ; Olesen, Bjarne W. ; Guarracino, Gérard ; Wurtz, Etienne ; Mora, Laurent ; Xavier, Faure ; Perino, Marco ; Principi, Paolo ; Sawachi, Takao ; Yoshie, Ryuchiro ; Kato, Shinsuke ; Hori, Yuji ; Chikamoto, Tomoyuki ; Kodama, Yuichiro ; Hayashi, Tatsuya ; Ohta, Isamu ; Takahashi, Yasuo ; Hosoi, Akimori ; Andresen, Inger ; Aschehoug, Øyvind ; Hopkowitz, Marian ; Marques da Silva, Fernando ; Wahlström, Åsa ; Sandberg, Mats ; van der Aa, Ad ; Cauberg, Hans ; Imbabi, Mohammed Salah-Eldin ; Kolokotroni, Maria ; Warwick, David ; Chen, Qingyan. Aalborg : Aalborg University. Department of Civil Engineering, 2008.

**DCE Technical Report; 50**

State-of-the-art Review : Vol. 2B. Integrated Building Concepts : ANNEX 44 : Integrating Environmentally Responsive Elements in Buildings. / Andresen, Inger (Redaktør) ; Kleiven, Tommy (Redaktør) ; Knudstrup, Mary-Ann (Redaktør) ; Heiselberg, Per (Redaktør) ; van der Aa, Ad ; Andresen, Inger ; Asada, Hideo ; Bluemel, Ernst ; Marques da Silva, Fernando ; Haase, Matthias ; Hansen, Hanne Tine Ring ; Hayashi, Tatsuya ; Heiselberg, Per ; Hori, Yuji ; Kato, Shinsuke ; Knudstrup, Mary-Ann ; Kolarik, Jakub ; Kolokotroni, Maria ; Miura, Mitsuki ; Nishizawa, Shigeki ; Satake, Akira ; Sawachi, Takao ; Tochigi, Manabu ; Yanai, Takashi ; Yoshie, Ryuchiro ; Wahlström, Åsa ; Warwick, David. Aalborg : Aalborg University. Department of Civil Engineering, 2008.

**DCE Technical Report; 49**

State-of-the-art Review : Vol. 2B. Methods and Tools for Designing Integrated Building Concepts : ANNEX 44 : Integrating Environmentally Responsive Elements in Buildings. / Andresen, Inger (Redaktør) ; Kleiven, Tommy (Redaktør) ; Knudstrup, Mary-Ann (Redaktør) ; Heiselberg, Per (Redaktør) ; van der Aa, Ad ; Andresen, Inger ; Asada, Hideo ; Bluemel, Ernst ; Marques da Silva, Fernando ; Haase, Matthias ; Hansen, Hanne Tine Ring ; Hayashi, Tatsuya ; Heiselberg, Per ; Hori, Yuji ; Kato, Shinsuke ; Knudstrup, Mary-Ann ; Kolarik, Jakub ; Kolokotroni, Maria ; Miura, Mitsuki ; Nishizawa, Shigeki ; Satake, Akira ; Sawachi, Takao ; Tochigi, Manabu ; Yanai, Takashi ; Yoshie, Ryuchiro ; Wahlström, Åsa ; Warwick, David. Aalborg : Aalborg University. Department of Civil Engineering, 2008.

**DCE Technical Report; 48**

State-of-the-art Review : Vol. 1. State-of-the-art Report : NNEX 44 : Integrating Environmentally Responsive Elements in Buildings. / Aschehoug, Øyvind (Redaktør) ; Andresen, Inger (Redaktør) ; Andresen, Inger ; Haghighat, Fariborz ; Heiselberg, Per ; Li, Yuguo ; Olesen, Bjarne W. ; Perino, Marco ; Principi, Paolo ; Silva, Fernanda Marques da ; Yoshie, Ryuchiro ; Zhang, Jian. Aalborg : Aalborg University. Department of Civil Engineering, 2008.

**DCE Technical Report; 34**

Experimental Set-up and Full-scale measurements in the 'Cube'. / Kalyanova, Olena ; Heiselberg, Per. Aalborg : Aalborg University. Department of Civil Engineering, 2008.

**DCE Technical Report; 33**

Final Empirical Test Case Specification : Test Case DSF100\_e and DSF200\_e. / Kalyanova, Olena ; Heiselberg, Per. Aalborg : Aalborg University. Department of Civil Engineering, 2008.

**DCE Technical Report; 32**

Investigation on Smoke Movement and Smoke Control for Atrium in Green and Sustainable Buildings. / Fang, Lui ; Nielsen, Peter V. ; Brohus, Henrik. Aalborg : Aalborg University. Department of Civil Engineering, 2007.

**DCE Technical Report; 30**

Empirical Validation of Building Simulation Software : Modelling of Double Facades. / Kalyanova, Olena ; Heiselberg, Per. Aalborg : Aalborg University. Department of Civil Engineering, 2007.

**DCE Technical Report; 29**

BSim Modeler Report : Empirical Validation of Building Simulation Software : Technical Report IEA ECBCS Annex43/SHC Task 34 Validation of Building Energy Simulation Tools : Subtask E. / Kalyanova, Olena ; Heiselberg, Per. Aalborg : Aalborg University. Department of Civil Engineering, 2008.

**DCE Technical Report; 28**

Comparative Test Case Specification. / Kalyanova, Olena ; Heiselberg, Per. Aalborg : Aalborg University. Department of Civil Engineering, 2007.

**DCE Technical Report; 27**

Empirical Validation of Building Simulation Software : Modeling of Double Facades : Final Report. / Kalyanova, Olena ; Heiselberg, Per. Aalborg : Aalborg University. Department of Civil Engineering, 2008.

**DCE Technical Report; 26**

Komponentudvikling til el-effektiv behovsstyret hybrid ventilation i boliger : Forundersøgelse. / Heiselberg, Per ; Hendriksen, Ole Juhl ; Antvorskov, Signe. Aalborg : Aalborg University. Department of Civil Engineering, 2007.

**DCE Technical Report; 25**

BSim Modeler Report : Comparative Validation of Building Simulation Software. / Kalyanova, Olena ; Heiselberg, Per. Aalborg : Aalborg University. Department of Civil Engineering, 2007.

**DCE Technical Report; 24**

Comparative Validation of Building Simulation Software : Modeling of Double Facades : Final Report. / Kalyanova, Olena ; Heiselberg, Per. Aalborg : Aalborg University. Department of Civil Engineering, 2007.

**DCE Technical Report; 13**

Indeklimaundersøgelse hos Københavns Energi : foretaget i perioden 1. juli 2005 - 30. juni 2006 / Larsen, Tine S. ; Jensen, Rasmus Lund ; Kalyanova, Olena ; Heiselberg, Per.. Aalborg : Aalborg University. Department of Civil Engineering, 2006.

**DCE Technical Report; 6**

Empirical Test Case Specification : Test Case DSF200\_e : IEA ECBCS Annex43/SHC Task 34 : Validation of Building Energy Simulation Tools. / Kalyanova, Olena ; Heiselberg, Per. Aalborg : Aalborg University. Department of Civil Engineering, 2006.

**DCE Technical Report; 5**

Comparative Test Case Specification : Test Cases DSF200\_3 and DSF200\_4 : IEA ECBCS Annex43/SHC Task 34 : Validation of Building Energy Simulation Tools. / Kalyanova, Olena ; Heiselberg, Per. Aalborg : Aalborg University. Department of Civil Engineering, 2006.

**DCE Technical Report; 4**

Unsteady Simulations of the Flow in a Channel Flow and a Ventilated Room Using the SST-SAS Model. / Davidson, Lars ; Nielsen, Peter V.. Aalborg : Aalborg University. Department of Civil Engineering, 2006.

**DCE Technical Report; 3**

Air Distribution in Aircraft Cabins Using Free Convection Personalized Ventilation. / Nielsen, Peter V..  
Aalborg : Aalborg University. Department of Civil Engineering, 2006.

**DCE Technical Report; 2**

Free Convection Personalized Ventilation (FCPV). / Nielsen, Peter V.. Aalborg : Aalborg University.  
Department of Civil Engineering, 2006.

